298
546

В. И. ВЕРНАДСКИЙ

ИЗБРАННЫЕ СОЧИНЕНИЯ

II

298 | 358033
546 | Вернадский, В. И.
Том II.

			40р.
13.12.56	Самонов		212 859
2/XII-58	[illegible]		214/1023
23/X-74	Сныткина		

ОТДЕЛ РЕДКОЙ КНИГИ

В. И. ВЕРНАДСКИЙ

Фотография 1905 г.

22/I + 21/II ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ ЭКЗЕМПЛЯР
298
546

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

09
09

В. И. ВЕРНАДСКИЙ

ИЗБРАННЫЕ СОЧИНЕНИЯ

ТОМ

II

358033
Томский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт им. С. М. Кирова
Научно-техническая библиотека

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА · 1955

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
академик А. П. ВИНОГРАДОВ

РЕДАКТОР
доктор геол.-мин. наук О. М. ШУБНИКОВА

ОТ РЕДАКЦИИ

Академик В. И. Вернадский был создателем нового направления в минералогии, рассматривавшего эту науку как химию земной коры. В связи с этим он считал основной задачей минералогии пересмотр химических соединений Земли с точки зрения химических процессов, в ней идущих, и изучение самих процессов.

В осуществление этой задачи В. И. Вернадский приступил к капитальному труду — «Опыт описательной минералогии», поставив себе также два дополнительных задания: выявление значения деятельности человека в генезисе минералов, ее крупной роли в химических процессах Земли и создание, по возможности, полной топографической минералогии России.

Новый взгляд на минерал как на продукт химических реакций Земли привел автора к необходимости включить в понятие «минерал» также газы и воду.

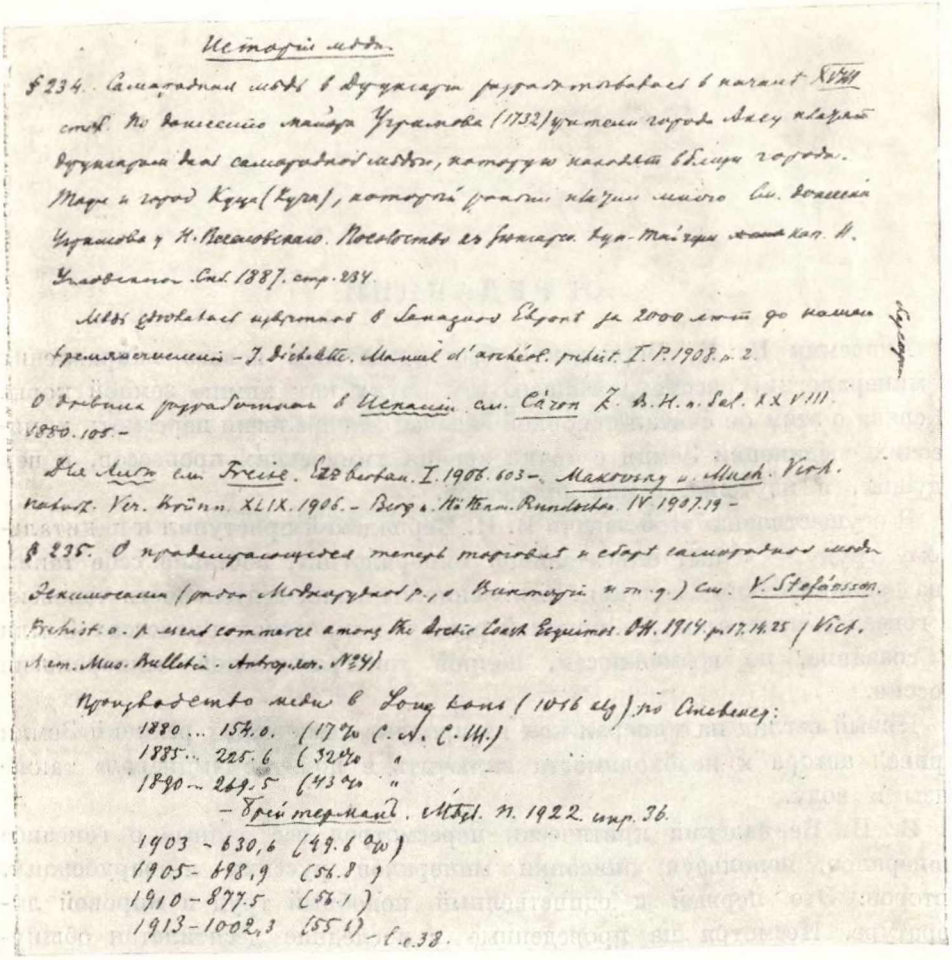
В. И. Вернадский критически пересмотрел все данные о генезисе минералов, используя описания минералов русских и зарубежных авторов. Это первый и единственный подобный труд в мировой литературе. Несмотря на проведенные в последние десятилетия обширные исследования, изменившие представления о некоторых месторождениях, он остается очень ценным вкладом в познание химии земной коры.

В первом томе «Опыта описательной минералогии» дано описание самородных элементов, во втором — сернистых и селенистых соединений. Второй том остался незаконченным.

После выхода в свет первого тома (он выходил выпусками с 1908 по 1914 г.), работая над вторым томом (с 1914 по 1922 г.), В. И. Вернадский продолжал делать дополнения к первому тому; некоторые случайные добавления относятся к 1923—1924 гг. В его архиве сохранились две папки рукописных добавлений к обоим томам.

В данное, второе издание первого тома включено около 200 страниц добавлений согласно указаниям автора, разметившего вставки по параграфам (см. автограф).

Ввиду большого количества подстрочных примечаний редакция вынесла всю цитированную литературу в конец книги.



История меди.

§ 234. Самородная медь в Дурангарии разрабатывалась в начале XVIII стол. По донесению майора Уранова (1732) у истоков города Лису клады Дурангарии дают самородной медью, которую называют бронзой города. Также и город Куча (Кучи), который раньше назывался Лису. См. донесение Уранова у Н. Веселовского. Поселения в Джунгарии. Куа-Тайзи [illegible] кап. Н. Уланова. Спб. 1887. стр. 234.

Медь добывалась примитивно в Западной Европе за 2000 лет до нашей времяисчисления — J. Déchelette. Manuel d'archéol. préhist. I. P. 1908. p. 2.

О добывании разработанной в Испании см. Cazon Z. d. H. a. Sel. XXVIII. 1880. 105 —

Die Metz см. Freise. Z. d. Berlin. I. 1906. 603 — Makowsky u. Mich. Verh. naturf. Ver. Brünn. XLIX. 1906. — Berg u. Hüttenm. Rundschau. IV. 1907. 19 —

§ 235. О правительственной теперь торговле и сборе самородной меди Эскимосами (работы Мортенсена р., о Вилькерсе и т. д.) см. V. Stefansson. Prehist. o. p. metal commerce among the Arctic Coast Eskimos. Oth. 1914. p. 17. 14. 25 (Vict. Mem. Mus. Bulletin. Anthrop. Ser. № 4)

Производство меди в Long tons (1016 kg) по Спенсеру:

1880 ... 154.0. (17% C. N. C. III.)
1885 ... 225.6 (32% "
1890 ... 269.5 (43% "
— Брейтгаупт. Мбл. N. 1922. стр. 36.
1903 — 630,6 (49.6 %)
1905 — 698,9 (56.8)
1910 — 877.5 (58.1)
1913 — 1002,3 (55.1) — l. c. 38.

Автограф В. И. Вернадского. Страница из рукописных дополнений автора к «Опыту описательной минералогии».

Очень ценную библиографию, широко охватывающую минералогическую литературу — общую и топографическую, помещенную в первом издании в начале первого тома, редакция нашла целесообразным перенести во второй том, чтобы иметь возможность пополнить ее данными из второго тома.

Географические названия и административное деление России и зарубежных стран сохранены без изменений. Примечания, сделанные редакцией, заключены в квадратные скобки.

В процессе подготовки данного тома к печати большую работу по расшифровке рукописи В. И. Вернадского и по составлению списка цитированной литературы проделала А. Д. Шаховская.

ОПЫТ ОПИСАТЕЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ

С ДОПОЛНЕНИЯМИ АВТОРА

1912–1922 гг.

Том I

САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

*

ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

(к первому выпуску)

Я думаю издавать предлагаемую вниманию читателя работу выпусками по 10—12 листов каждый. В конце первого тома будут даны дополнения и исправления к библиографии, помещенной на стр. 11—113[1]. Уже после отпечатания мною замечены в ней многочисленные пропуски и некоторые ошибки. Суждение о ней можно иметь лишь после окончания первого тома.

Работа рассчитана на несколько томов и на много лет. После первого тома, заключающего самородные элементы, я предполагаю выпустить второй — сернистые тела, и затем четвертый[2] — соединения кремнезема, простые и сложные.

Март 1908
Москва

---

[1] [Библиография перенесена в следующий том «Опыта описательной минералогии». В конце настоящего тома приводится список цитированной литературы].

[2] [Том третий, в который должны были войти окислы, гидраты и др., намечался к выпуску после силикатов].

ОТ АВТОРА[1]

Работа эта печаталась значительно дольше, чем я рассчитывал. Первый выпуск вышел в 1908 г., последний, пятый, отпечатан в конце 1913 г., но вышел только в 1914 г. Уже одно это вызвало необходимость значительных дополнений — как новейших данных, так и пропусков старого. Дополнения эти помещены на стр. 706—780[2], включены в указатели и в оглавление. Однако и сейчас, когда уже этот том был закончен, у меня собралось много новых данных, изменений и исправлений, не только необходимых ввиду непрерывного движения науки вперед, но и пропущенных и раньше мне не известных из старой литературы. Если мне придется дать 2-е издание первого тома, то они будут включены в него; если нет, — то будут помещены в виде дополнения при втором томе.

Второй том — сернистые соединения — печатается.

Мне трудно благодарить всех лиц, помогавших мне при издании. Я всюду встречал содействие и помощь, и только один раз (к сожалению, в России) встретил отказ в пользовании собраниями одного из публичных музеев, но и ими надеюсь воспользоваться для дальнейшей работы.

Огромный труд по составлению указателей сделан в значительной мере Н. Е. Вернадской и С. С. Ольденбургом, отчасти мною.

Помощь при корректуре оказали мне Н. Е. Вернадская, Н. В. Вернадская, А. С. Короленко, Е. Д. Ревуцкая.

Целый ряд данных при работе получен мной при справках в минералогических музеях Академии Наук, Петербургского университета, Московского университета, Новороссийского университета, Томского университета, Киевского университета, Казанского университета, Харьковского университета, Варшавского университета, Гельсингфорсского университета, Новороссийского университета, Московского и Новоалександрийского сельскохозяйственных институтов, Екатеринославского горного института, Томского технологического института, Берлинского, Лондонского и Венского Национальных музеев, в собраниях Museum d'histoire naturelle и Ecole des Mines в Париже, Минералогического музея в Мюнхене.

Разнообразную помощь при работе указаниями на ошибки и пропуски, дополнениями, новыми данными, указанием литературы, фотографий и т. п. мне оказали следующие лица, которым я приношу глубокую благодарность: П. К. Алексат, проф. Ф. Берверт, проф. Л. Боргстрем, В. Н. Вебер, Н. К. Высоцкий, А. П. Герасимов, проф. П. Грот, д-р Грюнлинг, проф. Л. Л. Иванов, Г. И. Касперович, В. И. Крыжановский, Л. А. Крыжановский, Б. Г. Карпов, С. Д. Кузнецов, проф. А. Е. Крымский, академик А. П. Карпинский, проф. К. Клейн, проф. В. В. Карандеев, проф. А. Лакруа, Б. А. Линденер, К. Марков, К. А. Ненадкевич, В. Г. Ор-

[1] [К первому изданию, 1914 г.]

[2] [В данном издании все дополнения включены в текст].

ловский, д-р Г. Т. Прайор, проф. Б. К. Поленов, проф. П. П. Пилипенко, проф. С. П. Попов, Е. Д. Ревуцкая, проф. Я. В. Самойлов, Н. И. Сургунов, проф. И. Ф. Сиома, И. П. Толмачов, Н. Н. Тихонович, проф. А. Е. Ферсман, проф. Г. В. Хлопин, академик Ф. Н. Чернышев, Л. А. Ячевский. Очень боюсь, что этот список неполон,— так долго и медленно шло печатание и многое не удалось зафиксировать.

Очень буду рад за всякие указания ошибок, недосмотров и новых данных.

Рисунки, помещенные в тексте, во многом оказались неудачными. Надеюсь, что во втором томе или при новом издании первого их удастся улучшить.

В той форме, как этот труд разросся, боюсь, что мне не удастся довести его до конца, но не хочется уменьшать его размеры и изменять его план.

Основной задачей является пересмотр природных химических соединений Земли с точки зрения химических процессов, в ней идущих. Это, по моему мнению, есть главная задача минералогии, которая, подобно химии, должна изучать не только продукты химических реакций, но и самые процессы реакций. Этот взгляд на минералогию и переработка в этом смысле всего материала минералогии проводились мной последовательно, с начала 1890-х годов, при чтении лекций по минералогии в Московском университете. При обработке университетского курса и при установке богатого минералогического собрания Московского университета и вырос этот «Опыт».

Исходя из этого взгляда на минералогию, я включил в нее газы, которые были выброшены из минералогии под влиянием увлечения кристаллографией в первой половине XIX столетия и без которых невозможно понимание химических процессов земной коры. В связи с этим мною критически пересмотрены все данные, касающиеся генезиса минералов и их химического состава. Очевидно, это вызвало необходимость новой классификации минералов, которая была мною выработана и проводима в Московском университете. Эта классификация отразится особенно сильно на содержании следующих томов.

Наряду с такой переработкой материала минералогии я пытался одновременно включить в этот «Опыт» еще две задачи. Во-первых, я стараюсь выяснить значение человека в генезисе минералов. Эти данные излагаются в историко-технических очерках, которые даются для каждой группы. Мне кажется, что этим путем выясняется любопытная и крупная роль homo sapiens в химических процессах Земли, которая, насколько знаю, никогда не была сведена в единое целое человеческой мыслью.

Другой задачей было — дать, по возможности, полную топографическую минералогию Российской империи, которая в последний раз была дана, в гораздо меньшем размере, академиком В. М. Севергиным сто лет раньше.

Очень возможно, что это соединение трех различных целей, неравнозначных и неравномерных по объему, отражается на изложении и на сочинении, но их соединение обусловлено известной экономией работы, которая при этом получается. К тому же всякий автор волен в своем изложении.

В той же системе я думаю продолжать и следующие тома. Всюду я стараюсь опираться на первоисточники. Литература указывается главнейшая и та, которая считается мною наиболее интересной. Всюду я стараюсь дать заглавие тех работ, в которых читатель найдет дальнейшие указания литературы вопроса. Для русских месторождений я стараюсь указы-

вать всю литературу, где имеются какие-нибудь оригинальные — не заимствованные — данные об описываемом минерале или месторождении.

Я ясно вижу все пропуски и недосмотры работы. Постоянно открываю их сам там, где, казалось, добился полноты и точности. Это в значительной мере вызвано огромностью сделанной человеком работы и недостаточной организацией сводок и справочников. Особенно это чувствуется для старой русской литературы. Как увидит читатель, при этой работе мне во многих случаях приходится менять представление о сделанном по тому или иному вопросу, приходится вновь находить забытых исследователей и забытые работы[1].

С.-Петербург, Декабрь 1913
Академия Наук

---

[1] [В 1925 — 1927 гг. В. И. Вернадский опубликовал первый том книги «История минералов земной коры» (вып. 1 и 2, 376 + XX стр.), где он дает более новое описание самородных металлов и металлоидов. Эта работа намечена к изданию в четвертом томе «Избранных сочинений» В. И. Вернадского].

ВВЕДЕНИЕ

Несколько замечаний о классификации минералов

1. Когда-то вопросы классификации минералов, их систематики, казались основными, составляли «философию» минералогии; вокруг них велись долгие и горячие споры. Понятия минерального «вида», «рода», «класса», «семейства», выработанные одновременно с установлением этих идей в области биологических наук, нередко одними и теми же лицами, играли первостепенную роль в курсах описательной минералогии[1]. Прошли десятки лет научной работы, и теперь для нас это давно вопросы далекого прошлого. Классификация минералов играет в минералогии такую же подчиненную роль, какую занимает классификация химических соединений в современной химии. Как среди соединений углерода, так и при изучении минералов эти вопросы в значительной мере открыты личным взглядам, вкусам, научным построениям исследователя. И в минералогии, как и в химии, классификации минералов могут и должны быть иными у всякого научного работника, пытающегося охватить целиком всю область минералогии.

Но все же некоторые ограничения личным вкусам и мнениям могут и должны быть поставлены. Ибо в настоящее время научная классификация минералов должна исходить из точного познания их химического состава, неизбежно должна быть химической классификацией[2].

2. Этот принцип был впервые ясно высказан и приложен к описательной минералогии в 1758 г. шведским ученым А. Кронштедтом (1702—1765)[3]. Однако, хотя его указания на значение химических свойств минералов очень быстро были восприняты — его «Минералогия» была

---

[1] См. обзор старинных важнейших классификаций у Kobell, 1864, стр. 155 и сл., 332 и сл. Литературные данные у C. Linné, 1777, стр. 85 и сл.; J. Kopp, K. Leonhard u. Gärtner, 1817, стр. 239 и сл.; Штурм, 1837, стр. 47 и сл.; Schrauf, 1864, стр. 5 и сл.; Beckman, 1906.

[2] Немногие классификации за последние 30—40 лет в значительной степени основаны на других принципах. Таковы, например, классификации Стерри Гента или Вейсбаха. См. Sterry Hunt, 1891 (1); Weisbach, 1875, 4-е изд. 1906. Ср. еще Sterry Hunt, 1891 (2), стр. 279 и сл. и Weisbach, 1899; Chapman, 1904. Однако и в этих классификациях химические свойства минеральных тел занимают видное место.

[3] Cronstedt, 1758 (вышла без имени автора), 2-е издание в 1781 г. Особенное влияние оказали немецкие переводы, сперва в 1760 г. Видемана (с именем автора: Cronstedt), позже — Брюнниха (1770 г.) и Вернера (1780 г.). С перевода Брюнниха вышло и русское издание: Кронштедт, 1777; 2-е изд., СПб., 1789. О Кронштедте см. Werner — в предисловии к Cronstedt, 1780, и Berzelius, 1847, стр. 167; Beckman, 1906, стр. 39 и сл.

переведена на датский, немецкий, французский, английский, итальянский, русский языки, — все же лишь самые крупные подразделения в классификации XVIII века основывались на химических свойствах природных тел. В общем, систематика была построена на изучении внешних признаков, подобно тому, как были в это время выработаны классификации организмов. Системы этого рода были созданы трудами шведских ученых конца XVII — начала XVIII столетий — Гиэрнэ, Бромеля, Линнея, Бергмана, Валлерия; но на результатах и на почве идей Кронштедта основывался в конце XVIII века и Вернер, идеи которого оказали глубокое влияние на весь уклад минералогии XIX столетия.

Между тем успехи химии в самом конце XVIII столетия, ясно доказавши несостоятельность господствующих естественно-исторических классификаций[1], вызвали новую попытку химической систематики минералов, в тесной связи с их кристаллической структурой. Она была сделана Гаюи (1743—1822)[2]. Но Гаюи не мог всецело систематизировать минералы на основании их химических свойств, несмотря на то, что систематические работы над анализом минералов, главным образом Клапрота[3] и Вокелена[4], дали огромное количество новых данных и еще резче и яснее подчеркнули значение химического познания минеральных тел, чем это можно было думать в эпоху Кронштедта.

3. В 1814 г. Берцелиус[5] — через 56 лет после Кронштедта — сделал дальнейший решительный шаг в этом направлении. Признав силикаты за соли кремневых кислот, с успехом применив методы Дальтона к природным соединениям, он охватил огромное большинство известных в его время минералов и расположил их в систему, как соединения электроположительных элементов. Идеи Берцелиуса встретили вначале суровую критику среди минералогов, и в 1820—1930-х годах получила господство в минералогии система Моса, основанная почти исключительно на внешних свойствах минералов. Несмотря на это, в конце концов в науке победили идеи Берцелиуса, и они лежат в основе всех наших современных воззрений.

Широкое применение к минералогии и улучшение методов количественного анализа минералов усилиями многих лиц, среди которых по систематичности работы видное место занимает Раммельсберг[6], привели к тому, что к середине XIX столетия химический состав минерала стал выдвигаться на первое место при определении положения его в системе[7]. Постепенно и незаметно, благодаря развитию химии и химического

[1] См. любопытные замечания у Fourcroy, 1804, стр. 405 и сл.

[2] Гаюи изложил эти идеи ясно в «Traité de minéralogie», 1801, 1, стр. X и сл. Но он начал печатать свою «Минералогию» еще раньше, с 1797 г., в «Journal des Mines» (стр. 163 и сл.). Ср. также Hauy, 1809 и 2-е издание «Минералогии» в 1823 г.

[3] Klaproth, 1795—1815.

[4] Работы Вокелена (Vauquelin) рассеяны в разных журналах. Их библиографию см. у Poggendorff, 1863, стр. 1182—1190.

[5] Berzelius, 1814. Эта и следующие его работы были изданы по-немецки в 1816 г.: Berzelius. Neues System der Mineralogie, üb. v. Gmelin u. Pfaff, Nürnb., 1816. Все работы Берцелиуса, относящиеся к этим вопросам, были изданы Раммельсбергом по-немецки в 1847 г.: Berzelius, 1847. Ср. по-русски: Берцелиус, 1829, стр. 64 и сл. О его классификации см. Beckman, 1906, стр. 148 и сл.

[6] См. его сводки: Rammelsberg, 1841 и прибавления I—V, 1843—1853; его же, 1875 и прибавления I—II, 1886—1895.

[7] Переход совершился быстро. В первом издании лучшего до сих пор сводного труда по описательной минералогии — американца Дж. Дана, «System of mineralogy», — вышедшего в 1837 г., нет ни одной химической формулы. Уже во втором издании (1844) химия заняла в нем видное место, а теперь классификация Дана — химическая. Ср. Miers, 1901, стр. 24—25.

анализа минералов, определение их химического состава оказалось в конце века господствующим классификационным признаком и охватило все классификации минералов[1]. Это значение химического состава еще более усилилось с тех пор, как физическая химия стала охватывать все полнее и ярче твердые неопределенные соединения или закономерные механические смеси, долгое время не попадавшие в рамки химических представлений.

4. С признанием этого принципа исчезли из области минералогии многие вопросы, которые долгие годы составляли ее содержание, как, например, вопросы о минеральном виде, о значении внешних признаков минералов; отошли в прошлое стремления выработать естественную классификацию минералов, которая позволила бы открыть взаимные соотношения этих естественных тел, подобно тому, как это достигнуто в биологии применением эволюционных идей.

Если вопросы классификации и могут иметь известное философское и научное значение в области наук о неорганическом мире, они должны основываться не на том отрывочном материале, какой дает нам химия земной коры. Они должны опираться на огромный материал, искусственно получаемый в наших лабораториях, материал, который ничем, кроме своего происхождения, не отличается от объектов минералогии, но в несколько сот раз количественно превышает его и может быть развит до бесконечности. И действительно, в химии значение этой формы изучения явлений не может быть оспариваемо; одно из новейших проявлений классификационной работы — правда в ограниченной области элементов, а не соединений — представляет, например, периодическая система элементов, оказывающая такое могущественное влияние на все развитие химии нашего времени.

Классификационная работа имеет в минералогии другую, гораздо более узкую задачу. Она должна дать удобную схему, которая позволила бы охватить и исследовать химические реакции, в результате которых получаются данные минералы. Но схема эта должна браться не безразлично: она должна вполне соответствовать той классификационной системе, какая отвечает современному состоянию химии, она должна, по возможности, всецело ей соответствовать. Ибо только при этих условиях мы можем сразу увидеть, какие из возможных химических тел могут получиться при природных реакциях и какие нет. Только при этом условии мы в состоянии выяснить химическую структуру природных тел, которые слишком слабо представлены в природе для того, чтобы их химическое строение могло быть понято изучением их одних.

Таким образом: 1) классификация минералов должна совпадать с классификацией химических тел, 2) она сама по себе не является задачей минералогии, но только дозволяет расставить немногие образующиеся в природе тела среди огромного количества созданных человеческой мыслью соединений и этим путем позволяет понять точнее и полнее их химическую природу и характер образующих их процессов.

---

[1] Из современных классификаций см.: E. Dana, 1892, I—III Appendix, N. Y., 1899—1914 [1946]; Groth, 1898, и французский перевод с дополнениями, 1904; Rammelsberg, 1889; C. Hintze, 1898—1904; Tschermak, 1905. Излагаемая здесь классификация не совпадает ни с одной из них; в своих основах она была уже отчасти издана автором в 1899 г.—см. Вернадский, 1899; его же, 1901, стр. 37; его же, Лекции минералогии, 3-е изд., I—II, М., 1910—1912.

5. Удобнее пользоваться, по возможности, упрощенной классификационной схемой. В полном согласии с современным состоянием химии все природные соединения могут быть сведены к следующим XIV группам:

I. Самородные элементы
II. Сернистые и селенистые минералы, производные H_2S и H_2Se
1. Простые соединения
2. Сложные соединения — сульфосоли (resp. селеносоли)
III. Многосернистые соединения, производные H_2S_2
IV. Арсины, стибины и фосфины, производные H_3As, H_3Sb, H_3P, продукты присоединения к ним и их аналоги
V. Висмутистые соединения
VI. Теллуристые соединения
VII. Азотистые соединения
VIII. Оксисернистые соединения и соединения сернистых тел с водой
IX. Кислородные соединения типа воды
1. Окислы
2. Гидраты, имеющие характер оснований
3. Гидраты кислотного характера, соли кислот и продукты присоединения к ним[1]
X. Галоидные соединения
1. Простые
2. Сложные
XI. Оксигалоидные соединения и соединения галоидных тел с водой
XII. Карбиды
XIII. Углеводороды и их сернистые производные
XIV. Прочие органические соединения
1. Кислородные и сернистые соединения сложной, ближе не определенной функции (смолы и т. п.)
2. Сложные и ближе не определенные органические тела, богатые углеродом (поликарбоновые?)

6. Эта схема состоит из групп и подгрупп, которые не могут быть сравниваемы по количеству охватываемых ими соединений или по значению, какое они имеют в земной коре. Так, в IX группу входит огромное большинство природных тел, между тем как в III, V, VII, VIII, XII группах мы едва имеем несколько соединений в каждой. Точно так же в третьей подгруппе IX группы заключается несколько сот соединений, тогда как во второй подгруппе той же группы мы едва имеем 3—4 минерала.

Это обстоятельство является следствием химического состава земной коры и хода в ней химических реакций. Преобладающее значение кислорода, составляющего по весу около половины земной коры, объясняет преобладание IX группы минералов, а распространенность на Земле и химические свойства воды способствуют выпадению солеобразных соединений. К тому же и количество всех известных минералов относительно невелико[2]. Понятно поэтому, что в природе

[1] Некоторые минералы лишь с большими оговорками могут быть включены в эту группу, так как являются по своей химической функции более сложными телами, чем соли или продукты их присоединения, но их химическая структура совсем не выяснена. Таковы, например, многие соединения «редких» элементов (например, церия). Некоторые цеолиты точно так же не могут быть рассматриваемы как продукты присоединения, а являются более сложными химическими системами; однако основное ядро цеолита вполне подходит к телам этой группы (см. § 8). Есть несколько содержащих кислород веществ, которые не должны быть отнесены к этой группе, если только подтвердятся указания на их нахождение в природе (например, перекись водорода); они составят самостоятельную группу.

[2] Число минералов не может быть точно сосчитано в настоящее время, так как не вполне одинаково отношение исследователей к разностям и к разновидностям. Не считая органических соединений, а равно и всех неточно определенных минеральных разностей и разновидностей, Дана и его продолжатели насчитывали около 900 отдельных минеральных видов (E. Dana, 1892, добавления), что много ниже действительности.

будет встречаться немного представителей тех групп или подгрупп минерального царства, условия образования которых не очень благоприятны.

В общем предлагаемая схема охватывает все минералы, хотя некоторые из них, заключая химические элементы, характерные для разных групп, не имеют в ней строго определенного места; так, оксигалоидные соединения (например, атакамит) могут быть отнесены к X и IX группам, или оксисернистые (например, кермезит) — к II и IX группам. Я выделяю их в отдельные, как бы промежуточные, группы, согласно ясно определенному одинаковому химическому характеру O, S и Cl в этих телах. Однако это нельзя последовательно провести во всех аналогичных случаях. Иногда химический состав минерала известен недостаточно, химическая роль входящих в его состав элементов не выяснена. Таковы, например, теллуристые соединения висмута или свинца, содержащие одновременно теллур и серу (тетрадимит, нагиагит и т. д.) или теллур и селен (жозеит). Эти тела должны быть рассматриваемы вместе с прочими теллуристыми соединениями, так как, к сожалению, химический характер соединений теллура до сих пор не выяснен и мы не имеем возможности вполне разобраться в химической структуре относящихся сюда минералов. Очень вероятно, что химический характер Te и S в этих соединениях совершенно неодинаков и что они не имеют ничего общего с сернистыми соединениями, т. е. со II группой. Подобным образом и соединения серы, заключающие S и As или Sb, должны быть частью отнесены к арсинам и стибинам (например, мышьяковый колчедан или ульманнит), а частью к сульфосолям (например, пираргирит). Химический характер серы в них резко различен. В одних она так или иначе входит в состав частиц, производных от H_2S (сульфосоли), в других она никакого отношения к H_2S не имеет и, должно быть, является продуктом присоединения к какому-нибудь производному H_3As, H_3Sb или, может быть, их аналогов.

7. В последнюю, XIV группу органических соединений выделены все те углеродистые тела, которые, благодаря сложности состава или малой изученности, не могли быть отнесены в предыдущие группы. Другие производные углерода разнесены в разные места классификации; так, например, алмаз или графит включены в I группу, все соединения органических кислот — угольной, щавелевой, мочевой, меллитовой и т. п. — в IX группу, углеродистые соединения металлов — в XII, углеводороды — в XIII группу и т. д.

В этой группе «органических соединений» (и, соответственно, в органических кислотах и солях IX группы) мы находимся на границе минералогии. Ибо в нее, конечно, не должны быть включены все те многочисленные и разнообразные тела, которые вырабатываются организмами или при гибели организмов являются первыми продуктами их распадения, хотя эти соединения, несомненно, находятся в теснейшей связи с общими химическими процессами земной коры. Как бы ни был решен вопрос об источниках энергии и о силах, которые действуют в организмах, во всяком случае организмы представляют в природе центры и области химических реакций, резко отличных по своему характеру от тех процессов, какие мы изучаем в минеральном царстве. В иных случаях вопрос долго представлялся спорным, например, такие любопытные в истории минералогии

случаи, как вековой вопрос о серой амбре (продукте кашалотов)[1] или о жемчуге[2].

Иногда мы имеем среди минералов вещества, которые образуют непосредственные переходы к телам, являющимся объектами физиологической и агрономической химии (например, газы почв, копал, минералы, непосредственно связанные с генезисом торфа, гниением организмов, и т. п.). Здесь нельзя провести резкой грани между областями минералогии и этих наук, тем более что в общей схеме химических процессов земной коры, как они нам теперь представляются, организмы являются важными и неизбежными звеньями, исключить которые мы не можем, если желаем получить научное представление о правильностях, наблюдаемых в химии земной коры. Включая в область описательной минералогии многие продукты жизнедеятельности или распада организмов, само собою разумеется, мы будем подходить к этим телам с совершенно другими целями и задачами, чем с какими обращается к ним биолог.

8. Наконец, в данной классификации приняты во внимание лишь главные составные части минерала — господствующие в нем соединения. Состав каждого минерала крайне сложен и только в редких, совершенно исключительных случаях может быть выражен в формуле химически чистого определенного соединения (таковы, например, иногда кварц — SiO_2, антимонит — Sb_2S_3, реальгар — As_2S_2 и т. д.). Этим свойством минералы резко отличаются от тех тел, которые еще недавно всецело служили главным предметом изучения химии. В подавляющем большинстве случаев минералы представляют из себя сложные группы очень разнообразного химического характера. Среди них встречаются различные группы физических и химических смесей, как, например, изоморфные смеси, газообразные смеси, жидкие растворы; непосредственно примыкают к ним и такие природные твердые растворы, которые дают все переходы к тонким механическим смесям (например, окрашенные прозрачные минералы), сплавы и эвтектические смеси. Наконец, среди минералов очень часто наблюдаются еще более сложные системы тел, например, однородные химические системы, находящиеся в состоянии диссоциации, каковы цеолиты, или все время изменчивые тонкие механические смеси — жидкие и твердые — каковы, например, нефть или фосфориты. Наконец, к числу минералов должны быть отнесены как самостоятельные виды ясно механически, физически и химически неоднородные, но закономерные смеси, так называемые структуры, например, структуры пойкилитические, зонарные, оолитовые и т. п. (например, авантюрин, «стеклянные головы» и т. д.), составные части которых различны по химическому составу и по происхождению. Закономерности в образовании и свойствах этих тел обусловлены не одними химическими процессами; они образуются под влиянием воздействия поверхностных сил, являются результатом процессов прилипания (поглощения)[3].

Не касаясь общих вопросов о химическом составе минералов[4], необходимо иметь в виду, что в природных реакциях мы имеем дело с очень сложными химическими процессами и что поэтому в основу классифика-

---

[1] См. Pouchet, 1893. См. старую литературу о серой амбре — C. Linné, 1777, стр. 261.

[2] О жемчуге ср. M. Bauer, 1896, стр. 661.

[3] О явлениях прилипания (adsorption) и о связи их с химическими см. Ostwald, 1906, стр. 217 и сл.

[4] О составе минералов см. Вернадский, 1899, стр. 5. и сл.; Groth, 1898, стр. 1 и сл.; Tschermak, 1905; Браунс, 1903.

ции могут быть положены только господствующие по весу или по химическим реакциям соединения, составляющие данный минерал; так, например, авгиты и роговые обманки помещены в отдел простых силикатов, несмотря на изоморфную подмесь к ним алюмо- и феррисиликатов; титанистые железняки отнесены к метатитановокислым солям, несмотря на вероятную изоморфную подмесь к ним окиси железа; «стеклянные головы» — к окислам железа, несмотря на примесь опала и т. д.

9. Несомненно, вся классификация минералов находится в тесной зависимости от того или иного решения общего вопроса о том, какие тела следует считать минералами. Я не имею в виду входить здесь в обсуждение этого вопроса, так как это сильно отвлекло бы нас в сторону, но считаю необходимым отметить, что проводимый в этом сочинении взгляд на минералы, как на закономерные продукты определенного химического процесса, к какой бы физической фазе вещества они ни принадлежали и хотя бы они не были вполне физически однородны, вызывает некоторые особенности принятой мной классификации минералов и изменения указанного в § 8 правила.

В некоторых неоднородных минеральных телах — «структурах» — минерал располагается в системе в зависимости от той его части, которая по весу иногда не является господствующей. Так, пойкилитические смеси (например, кальциты типа Фонтенбло, «известковый песчаник» — grès calcaire — старинных авторов, фосфориты или гипсы пустынного типа) выделяются автором в отдельные минеральные виды и помещаются не по количественному преобладанию того или иного соединения, а по тому соединению, которое является непосредственным продуктом химического процесса, механически захватившим посторонние вещества, т. е. данные тела расположены по характеру «цемента». Точно так же газовые смеси, в которых каждая составная часть произошла совершенно независимо, путем различных процессов, и сохранила свои свойства неизменными, — рассматриваются как отдельные минералы и очевидно попадают в разные группы классификации, как, например, O и N (I группа) или CO_2 (IX группа) воздуха. Лишь иногда приходится их соединять вместе, как сложный минерал, именно тогда, когда они, как целое, являются закономерным продуктом природных химических реакций; таков, например, кислород и азот, так называемый чистый воздух. Аналогичные явления дают природные стекла и магмы.

В общем, однако, все-таки можно сказать, что, как в физически однородных телах, так и в неоднородных структурах, принятая в этом сочинении классификация строится на основании господствующего по весу соединения, а все прочие оставляются при этом без внимания для целей классификации. В тех случаях, когда мы не имеем дела, с химической точки зрения, с соединениями (как, например, в воздухе или в стеклах), принимаются во внимание господствующие элементы или же группы элементов — O, N, SiO_2, Al_2O_3 и т. д.

358033

Ленинградский Трудового Красного Знамени институт им. С. М. Кирова Научно-техническая библиотека

САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Общие замечания

10. Радиоактивность материи[1]. Еще не так давно — немного лет тому назад — химические элементы были самой простой формой материи, доступной нашему изучению. Химически чистый элемент в виде разреженного газа был для нас пределом дробления материи как в химическом, так и в физическом смысле. Переход одного элемента в другой, образование одного из другого казались для нас немыслимыми, и мы не считались с этой возможностью при обсуждении природных процессов. В это время самородные элементы были тем пределом, дальше которого — казалось нам — не могли идти природные процессы распадения материальных соединений[2].

С тех пор все резко изменилось. В течение немногих лет, со все увеличивающимся темпом научного исследования, перед нами раскрываются новые, совершенно неожиданные горизонты. Прошло едва десять лет после открытия рентгеновских лучей и радиоактивных свойств урана, а между тем все, казалось, незыблемые основания точного знания подверглись коренной ломке, и мы не видим конца, где остановится сокрушительная и в то же время созидательная работа человеческой мысли, пошедшей по новому пути. Перед нами открылись совершенно новые процессы — радиоактивные, которые едва ли могут быть уложены в рамки химических явлений, — процессы, связанные с глубоким изменением материи. Они приводят к разложению химических элементов, к образованию их один из другого, к разрушению материи[3]. Продукты радиоактивных процессов не только наблюдаются в земной коре, но играют огромную, еще не поддающуюся учету роль в ее химических процессах. Время есть главный двигатель природных химических процессов, и время, накапливая ничтожные, на первый взгляд, результаты проявления радиоактивных свойств вещества, в конце концов дает им первое место в общей истории земной коры.

---

[1] [Нумерация параграфов изменена в настоящем издании в связи с перенесением библиографии в следующий том «Опыта описательной минералогии»].

[2] Лишь в некоторых космических процессах приходилось допускать явления распадения элементов. См., например, Lockyer, 1900, стр. 73 и сл. К тому же самому приводило изучение некоторых редких элементов, например, иттрия (ср. Crookes, 88, стр. 55).

[3] О радиоактивности как общем свойстве вещества ср. N. Campbell, 1906, стр. 434 и сл.; Stark, 1903, стр. 25. Аналогичные идеи, во многом философского характера, давно (1897) высказывал Лебон (Lebon, 1905). Критику Лебона см. у Кемпбелла, 1906, стр. 459. Ср. еще Heen, 1905; Lenard, 1906, стр. 29; J. J. Thomson, 1904, стр. 391 и др.; Rutherford, 1907 (1), стр. 512, 540, 553.

11. Изучение этих процессов поэтому не может стоять в стороне от описательной минералогии, так как земная кора, подлежащая ее изучению, является местом их проявления и ими образуются или разрушаются те тела, которые служат объектом изучения минералогии. Едва ли могут быть правильно поняты земные химические процессы без внимания к радиоактивным свойствам той среды, в которой они протекают. Очень возможно, что образование эманаций, окончательное распадение элемента, является последней стадией того самого природного процесса, в конечном, с химической точки зрения, результате которого получаются самородные элементы (§ 19). Уже теперь, под влиянием учения о радиоактивности, возникли совершенно новые вопросы о возрасте и пределе существования отдельных минералов; в этих явлениях находим мы неожиданные новые источники энергии, ставшие в научном мировоззрении нашего поколения вместе, на одну линию, со старинными космогоническими фантазиями кант-лапласовой схемы. В крупных научных вопросах — например, о парагенезисе элементов (урана и свинца, урана и гелия, свинца и серебра и пр.), и в мелких — например, об окраске минеральных тел (аметиста и пр.), перед нами выступают радиоактивные явления, как новые источники, могущие объяснить изучаемые черты природных тел. Несомненно, с каждым годом значение этих явлений будет все больше для нас выясняться, ибо оно тесно и неразрывно связано со всей химической историей земной коры, служит ее характерным проявлением.

Поскольку радиоактивные явления связаны со свойствами тех или иных природных тел, мы будем иметь случай встретиться с ними при описании этих тел. Нам придется коснуться их и в тех случаях, когда они приводят к созданию химического элемента, например, в земной истории гелия.

Но есть одна область этих явлений, о которой необходимо сказать несколько слов, прежде чем перейти к изучению простейших природных химических тел — самородных элементов. Радиоактивные «тела», эманации, лучи α, β, γ, δ и т. п. постоянно образуются в радиоактивной среде, мы видим их проявление всюду на земной поверхности. Все ли они являются различными формами энергии? Или «тела» и эманации представляют из себя быстро исчезающие химические элементы? Может быть, один элемент — эманий? Или многие из них относятся к переходным созданиям между энергией и материей?

Все это вопросы, которые не могут быть в настоящее время выяснены вполне точно и определенно. Мы можем лишь доказать существование этих явлений и вызываемых ими созданий в той самой области земной коры, в которой идут земные химические процессы и образуются минералы. Мы пока знаем только, что эманации и другие выделения радиоактивных веществ находятся в тесной генетической связи с этими явлениями.

При современном состоянии знания мы не можем выделять эти своеобразные проявления материальной среды в отдельную группу; мы рассмотрим отвечающие им создания в главах о радии, гелии, минералах урана. Может быть, дальнейшее изучение выяснит с несомненностью существование одного или нескольких природных тел, которые по своим свойствам и характеру не могут быть отнесены к химическим элементам, по составу проще их; может быть, выяснятся новые свойства эманаций, которые заставят нас резко отделить их от относительно прочных и устойчивых химических элементов. Тогда придется в классификацию минералов (§ 5) ввести еще одну, новую группу для этих более простых, чем элементы, химических тел. Ибо, несомненно, образуясь во время химических

реакций земной коры и не являясь формой энергии, эти тела должны рассматриваться как минералы, поскольку они образуются и существуют в земной коре.

12. Земная кора. Область, подлежащая нашему рассмотрению, в которой происходят химические реакции, так называемая земная кора, отнюдь не совпадает с земным шаром[1]. Эта область очень небольшая и довольно определенная. Только по отношению к ней мы можем говорить о минералогии Земли — только в ней образуются и изменяются минералы.

Внутренность Земли нам совершенно неизвестна. Подавляющее большинство явлений, которые могут подлежать научному изучению, захватывает очень небольшой ее слой. Так, температура земных глубин измерена едва ли до глубины $1^1/_2$—2 км, и только на эту глубину проникает непосредственно исследователь[2]. Вулканические процессы происходят из очагов, находящихся на глубине $1^1/_2$—60 км, причем вероятнее цифры более низкие[3]. Область, связанная с землетрясениями, едва ли превышает 30 км, в крайнем пределе 60 км[4]. Массивные породы, доступные нашему изучению, едва ли могут превышать глубину слоя в 50 км, и вся область земной коры, доступная явлениям складчатости, т. е. связанная с образованием горных цепей, не превышает 70 км, а, повидимому, лежит гораздо более близко к земной поверхности[5].

Изостазы находятся на глубине 122—124 км. С этой глубины начинаются однородные части Земли. Академик О. Баклунд (1909, стр. 1021) думает, что эти цифры точны, так как получены независимым путем разными исследователями.

Во всех этих случаях максимальные пределы являются весьма сомнительными. Едва ли есть хотя бы одно природное явление, доступное наблюдению, в котором сказывались бы свойства земного шара за пределами 100 км от его поверхности. Другими словами, мы имеем непосредственное общение в крайнем пределе с 0,015 земного радиуса, а все, что делается в более глубоких слоях, для нас как бы не существует. Лишь общая масса земного шара, его удельный вес да некоторые землетрясения, имеющие характер дрожаний Земли, как целого, может быть, некоторые астрономические явления — дают нам отдаленные и совсем пока нам непонятные отзвуки о глубоких частях нашей планеты[6].

---

[1] О земной коре и ее различных областях в связи с химическими реакциями см. Лукашевич, 1909, стр. 146 и сл. [В. И. Вернадский. «Изв. Акад. наук СССР, сер. геогр. и геофиз.», 1942, № 6, стр. 251].

[2] См. сводку у Günther, 1898; Duncker, 1896; Lapparent, 1906, стр. 497 и сл.; Ячевский, 1905, стр. 19 и сл.

[3] Lorenzo, 1902. О глубине см. Doelter, 1906, стр. 6. Цифры более высокие у Lapparent, стр. 530 и сл. (50—60 км и больше). Mercalli, 1907, стр. 392: не глубже 40 км.

[4] Мушкетов, 1899, стр. 590. Из главных сейсмов за последние 150 лет только 9 имели причину, лежащую глубже 29 км. См. Lapparent, 1906, стр. 558. Характер распространения землетрясений заставляет признавать максимальную глубину около 50 км для области, состоящей из материала, аналогичного по своим физическим свойствам с горными породами земной поверхности. См. Milne, 1906, стр. 369.

[5] Мушкетов, 1899, стр. 404. Это ясно уже из малой глубины центров землетрясений, в том числе и тектонических.

[6] Обзор современного состояния наших знаний см. у Thiene, 1907; Шенберг, 1906, стр. 226; Benndorf, 1908, стр. 322; Schwarz, 1910 (2); Trabert, 1911, стр. 556; Geiger u. Gutenberg, 1912, стр. 623; Gutenberg, 1914, стр. 125; Chamberlin, Reid, Hagford a. Schlesinger, 1915, стр. 279; Barrell, 1914—1915; его же, 1918, стр. 41 и сл.; Hobbs, 1921; Левинсон-Лессинг, 1922, стр. 126—127. Средний состав отвечает гранодиоритам.

В общем, предел в 100 и даже 50 км для земной коры является невероятно большим, если мы станем изучать химические процессы Земли. В этом случае мы должны будем еще более ограничить область нашего ведения. То, что доступно нашему непосредственному изучению в минералогии, в крайнем случае может охватывать земную поверхность до глубины 16—20 км[1]. В этой области земной коры мы до известной степени можем изучить химические продукты, иметь из нее образчики, выяснить ее строение. Она охватывает в общем около 0,0025—0,0032 земного радиуса. Только для этой ничтожной пленки можно говорить о химических процессах и химических явлениях Земли. Вся остальная часть Земли скрыта для нас в этом отношении в глубоком мраке неведения.

13. В этой тонкой коре можно отметить ряд отдельных горизонтов с точки зрения химических реакций Земли. Эти горизонты, охватывая всю земную кору, составляют как бы ряд оболочек — ряд областей, находящихся в особых состояниях температуры, давления, состава, физической фазы вещества. Каждая из этих термодинамических оболочек характеризуется совершенно определенными минералами, в ней образующимися, и представляет совершенно особую область химических процессов. Минералы, устойчивые в одной области, неустойчивы в другой, и одни и те же химические элементы, дающие в одной области одни тела, дают в другой совершенно иные соединения. Простой переход минерала из одной области в другую вызывает в нем изменения и перегруппировку, отвечающие новым условиям. Поэтому эти области-оболочки играют огромную роль в химии земной коры.

Переход минерала из одной оболочки в другую совершается постоянно и неуклонно в течение истории Земли. Передвижения земной коры, связанные с горообразованием, достигают 10—15 км; осадочные породы местами дают слои мощностью до 5 км. Наконец, денудация понижает уровень слоев до 5 км и более[2]. Очевидно, в этих пределах происходят передвижения минералов, не говоря уже о магматических выделениях.

Самая наружная оболочка лежит выше земной поверхности. Это газовая оболочка — атмосфера. Очень вероятно, в тонко разреженном виде газы, следующие за суточным вращением Земли, незаметно переходят в разреженную среду небесного пространства[3]. Но, не говоря уже об этих, столь чуждых нашей обстановке пространствах, нашему точному исследованию доступна небольшая часть атмосферы. Она не превышает 30 км, между тем как высота газовой оболочки Земли достигает 200, может быть 300 км и больше[4]. Вещества высоких слоев атмосферы, возможно, совершенно выходят из общего обмена Земли, и мы должны различить для Земли не одну, а две газовые оболочки, химически и

---

[1] Ср. F. Clarke, 1891, стр. 34. Кларк принимает 10 миль сплошь для литосферы, не обращая внимания на гидросферу.

[2] Vogt, 1901, стр. 35.

[3] Ср. обзор этого вопроса у Smoluchowski, 1901, стр. 307 и сл.

[4] Наибольшая высота, достигнутая на воздушных шарах,—10,8 км (Берсон и Зюринг в 1901 г.). Шары с регистрирующими аппаратами достигают 15 км (Гермит и Безансон); шары с водородом подымаются до 32,4 км (Vincent, 1912, стр. 388), змеи—до 6,4 км (обсерватория в Линденберге, 1905 г.). См. Assmann, 1907, стр. 557 и сл. Вулканические продукты достигают 80 км (Reyer, 1907, стр. 53). Загадочные серебристые облака подымаются еще выше; для них даются высоты до 150 км. См. Kassner, 1895, стр. 379 и сл. О высоте атмосферы см. Клоссовский, 1908, стр. 114 и сл.

физически совершенно разные. В этих холодных и разреженных пространствах O и N, может быть, будут сгущены в жидкость.

Но уже в первых 10 км сосредоточена почти вся масса вещества, входящего в атмосферу. По массе верхние ее слои ничтожны. В общем, в атмосфере сосредоточено 0,000012% по весу всего вещества Земли, но в ближайших 10 км сосредоточено 0,02% вещества земной коры[1].

14. Ниже лежат твердые и жидкие вещества. Мы должны прежде всего выделить область океанов — гидросферу, охватывающую около 71,7—70,8% поверхности Земли, т. е. представляющую не сплошную оболочку земного шара[2]. Мощность ее равна 3,68 км, и она составляет около 5,36% всей массы земной коры[3].

В тесной связи с гидросферой лежит поверхность суши, пропитанная водой и находящаяся в тесной химической связи с атмосферой.

Называя всю твердую земную кору, за исключением атмосферы и гидросферы, литосферой, мы должны различать в литосфере верхний поверхностный слой, в котором идут химические реакции, тесно связанные с присутствием свободного кислорода, частью растворенного в воде. Эта область подвержена в то же самое время и разнообразным реакциям, связанным с циркуляцией воды. Огромное значение кислородной поверхности, т. е. границы свободного кислорода, мы увидим ниже. Эта поверхностная часть земной коры идет на глубину 0,5—4 км[4].

В литосфере необходимо отличить еще вторую, промежуточную оболочку, тесно связанную с циркуляцией вод[5]. Давление земных слоев придает твердому веществу литосферы особые свойства, и, при достаточной его величине, твердое вещество является пластичным, во многом схожим с жидким. На достаточной глубине в земной коре, благодаря давлению, нет места свободным пространствам. В твердом теле прекращается циркуляция вод (растворов) и газов; всякое пустое пространство стремится заполниться; твердое тело становится текучим. Здесь перестают происходить реакции растворения (не выпадают жильные минералы). Верхняя граница такого состояния вещества находится

---

[1] Ср. F. Clarke, 1891, стр. 35; Vogt, 1898, стр. 13. Они дают для атмосферы 0,03%, в зависимости от принимаемых ими в основу исчислений размеров гидросферы, литосферы и ее удельного веса. Последний принят ими слишком высокий (2,5—2,7, считая и гидросферу).

[2] 71,7%, по Вагнеру (H. Wagner, 1895, стр. 667 и сл.; 1904, стр.56). По мнению Крюммеля,—70,8% (Krümmel, 1907, стр. 8).

[3] По Вагнеру (1895), — 3657 м, по Крюммелю (1907), — 3680 м.

[4] Эта верхняя оболочка более или менее совпадает с делениями земной коры, принятыми исходя из других соображений. Так, ее нижняя граница почти совпадает с так называемой гидростатической поверхностью. О ней см. O. Keller, 1897, стр. 32 и сл.; De Launay, 1897 (2), стр. 148 и сл. По терминологии Ван Хайза (Van Hise, 1904, стр. 43, 163, 529 и т. д.), поверхностная часть литосферы совпадает с полосой выветривания (belt of weathering). Эта полоса, по его мнению (там же, стр. 1023), колеблется от 0 до 300 м, обычно меньше 100 м, иногда доходит до 1000 м. Любопытную особенность коры выветривания подчеркнул Корню: в ней выделяются коллоидальные минералы, которые не идут глубже ее (Cornu, 1909 (1), стр. 82). По мнению Ван Хайза (Van Hise, 1904, стр. 939), неизмененные осадочные породы не идут глубже 1—2 км. Шварц (Schwarz, 1910 (1), стр. 106) несколько опускает эту границу — до 3 км. Ниже этой границы находятся только гнейсы и граниты.

[5] Промежуточный слой литосферы совпадает с полосой цементации (belt of cementation) Ван Хайза. См. Van Hise, 1904, стр. 43, 565 и др. Глубина этой полосы идет для твердых пород до 10—12 км, повидимому, однако, меньше (там же, стр. 160, 190 и др.). Переходы между полосой цементации и следующей, глубинной частью литосферы постепенны (там же, стр. 167, 768 и др.). Теоретическая величина до 10—12 км выведена Ван Хайзом путем экстраполяции из данных очень произвольных.

на глубине 5—6 км[1]. Температура здесь достигает большой величины; на глубине 6 км, вероятно, больше 100°С.

Наконец, ниже начинаются глубинные слои литосферы, резко отличающиеся по своему химическому характеру, — может быть, более однородные по составу[2]; в них химические реакции идут под огромными давлениями — больше 1500 атм.[3] и, вероятно, при высокой температуре.

Таким образом, не касаясь отдельных частностей, в доступной нашему изучению области земной коры мы имеем следующие оболочки, характеризующиеся определенными химическими реакциями, определенным химическим составом и определенными минералами:

1. Атмосфера	30 км
2. Гидросфера . . . . . (71,7% земной поверхности)	3,5 км
3. Поверхностный слой литосферы . .	0,5—4 км[4]
4. Промежуточный слой литосферы .	4,5—10 км[5]
5. Глубинный слой литосферы, до глубины	16—20 км[6]

Несомненно, можно было бы найти другие признаки для деления литосферы[7], но в данном случае я останавливаюсь только на таких, которые помогут нам разобраться в химических реакциях минералов. Только путем детального исследования отдельных минералов выяснятся частности свойств химии земной коры и могут быть точно определены земные термодинамические оболочки.

15. Химический состав земной коры. Другим основным элементом всех химических реакций Земли, определяющим состав и свойства природных соединений, является валовой состав той среды, в которой происходят химические реакции. Этот состав для каждой оболочки Земли различен, но для литосферы мы до сих пор не имеем возможности точно химически различать отдельные ее слои и можем дать лишь ее общий валовой состав.

Результаты наших современных знаний сосредоточены в таблице на стр. 24—25[8].

---

[1] Однако вода проникает в породы гораздо менее глубоко — едва ли больше 0,6 км. См. Kemp, 1902 (2), стр. 187. Ниже могут собираться лишь ее пары, благодаря высокой температуре глубоких слоев. Ср. о нижней границе воды у Slighter, 1902. По опытам Адамса, глубже 17,7 км могут сохраняться в граните пустые пространства. Если эти пространства заполнены газом, то еще глубже (F. Adams, 1912, стр. 97).

[2] См. ниже — вода, магма, силикаты.

[3] На глубину 1 км давление в среднем повышается почти на 275 атмосфер, так что на глубине 20 км оно равно 5500 атм.

[4] 4 км — под гидросферой; 0,5 — вне гидросферы.

[5] 10 км — под гидросферой.

[6] Эта глубинная часть литосферы совпадает с анаморфической частью литосферы Ван Хайза (Van Hise, 1904, стр. 43, 766 и др.); анаморфическая зона начинается на глубине 10—12 км.

[7] Например, деление Бекке (Becke, 1903 и 1904, стр. 562) для кристаллических сланцев. Факты далеко не отвечают этому делению. См. замечания Вейншенка (Weinschenk, 1906, стр. 177); Doelter, 1906, стр. 207.

[8] В эту таблицу внесены и атомные веса элементов, как они установлены Международной химической комиссией на 1907 год [в скобках приведены атомные веса на 1954 г.]. Для радия принято более новое число Кюри (M. Curie, 1907, стр. 425). В основу таблицы чисел распространенности элементов в земной коре положены работы Кларка и Фохта — см. F. Clarke, 1889; 1891, стр. 34; 1897, стр. 13; 1900, стр. 15; 1904, стр. 19; Vogt, 1898, стр. 225, 314, 377, 413; 1899, стр. 10, 274; 1906, стр. 223 и сл.; Ochsenius, 1898, стр. 154; Вернадский, 1899, стр. 45; Самой-

Распространенность химических элементов в земной коре

№ п/п	Элементы	Атомный вес 1907	Атомный вес [1954]	% по весу литосферы	% по весу гидросферы	% по весу атмосферы	% по весу земной коры	Порядок по распространенности
1	Азот N	14,01	[14,008]	?	0,37	75,7	0,04	IV
[2	Актиний Ac		227]					
3	Алюминий Al	27,1	[26,98]	8,0	—	—	7,45	II
4	Аргон Ar	39,9	[39,944]	?	?	1,3	0,0004	VI
5	Барий Ba	137,4	[137,36]	0,04	—	—	0,04	IV
6	Бериллий Be	9,1	[9,013]	—	—	—	0,00*x*	V
7	Бор B	11,0	[10,82]	—	—	—	0,01	IV
8	Бром Br	79,96	[79,916]	0,000*x*	0,015	—	0,0*x*	IV
9	Ванадий V	51,2	[50,95]	0,01	—	—	0,04	IV
10	Висмут Bi	208,0	[209,00]	—	—	—	—	VI
11	Водород H	1,008	[1,0080]	0,2	10,67	?	1,0	II
12	Вольфрам W	184,0	[183,92]	—	—	—	0,000*x*	VI
13	Гадолиний Gd	156	[156,9]	—	—	—	—	X
14	Галлий Ga	70	[69,72]	—	—	—	—	IX
[15	Гафний Hf		178,6]					
16	Гелий He	4,0	[4,003]	?	—	?	—	IX
17	Германий Ge	72,5	[72,60]	—	—	—	—	X
[18	Гольмий Ho		164,94]					
[19	Диспрозий Dy		162,46]					
20	Европий Eu	152	[152,0]	—	—	—	—	X
21	Железо Fe	55,9	[55,85]	4,5	—	—	4,2	II
22	Золото Au	197,2	[197,0]	?	0,000001	—	—	VIII
23	Индий In	115	[114,76]	—	—	—	—	IX
24	Иридий Ir	193,0	[192,2]	—	—	—	—	X
25	Иттербий Yb	173,0	[173,04]	—	—	—	—	X
26	Иттрий Y	89,0	[88,92]	—	—	—	0,00*x*	V IV?
27	Иод J	126,97	[126,91]	0,0000*x*	0,0015	?	—	V
28	Кадмий Cd	112,4	[112,41]	—	—	—	0,00*x*	VI
29	Калий K	39,15	[39,100]	2,5	0,04	—	2,35	II
30	Кальций Ca	40,1	[40,08]	3,5	0,05	—	3,25	II
31	Кислород O	16,000	[16,000]	47,2	85,8	23,0	49,2	I
32	Кобальт Co	59,0	[58,94]	0,001	—	—	0,00*x*	V
33	Кремний Si	28,4	[28,09]	28,06	?	—	26,0	I
34	Криптон Kr	81,8	[83,80]	—	—	—	—	X
35	Ксенон Xe	128	[131,3]	—	—	—	—	X
36	Лантан La	138,9	[138,92]	—	—	—	0,0000*x*	VII
37	Литий Li	7,03	[6,940]	0,01	?	—	0,01	IV
[38	Лютеций Lu		174,99]					
39	Магний Mg	24,36	[24,32]	2,5	0,14	—	2,35	II
40	Марганец Mn	55,0	[54,94]	0,09	—	—	0,1	III
41	Молибден Mo	96,0	[95,95]	—	—	—	0,00*x*	V
42	Мышьяк As	75,0	[74,91]	—	—	—	0,000*x*	VI
43	Медь Cu	63,6	[63,54]	—	—	—	0,01	IV
44	Натрий Na	23,05	[22,991]	2,5	1,14	—	2,4	II
45	Неодим Nd	143,6	[144,27]	—	—	—	0,0000*x*	VII
46	Неон Ne	20	[20,183]	—	—	—	—	X

Продолжение

№ п/п	Элементы	Атомный вес 1907	Атомный вес [1954]	% по весу литосферы	% по весу гидросферы	% по весу атмосферы	% по весу земной коры	Порядок по распространенности
[47	Нептуний Np		237]					
48	Никель Ni	58,7	[58,69]	0,01	—	—	0,0*x*	IV
49	Ниобий Nb	94	[92,91]	—	—	—	—	VII?
50	Олово Sn	119,0	[118,70]	0,00*x*	—	—	0,00*x*	V
51	Осмий Os	191,0	[190,2]	—	—	—	—	X
52	Палладий Pd	106,5	[106,7]	—	—	—	—	IX
53	Платина Pt	194,8	[195,23]	—	—	—	—	VIII
54	Празеодим Pr	140,5	[140,92]	—	—	—	0,00000*x*	VIII
[55	Протактиний Pa		231]					
56	Радий Ra	226,45	[226,05]	—	—	—	—	X
[57	Радон (эманация) Rn		222]					
[58	Рений Re		186,31]					
59	Родий Rh	103,0	[102,91]	—	—	—	—	X
60	Ртуть Hg	200,0	[200,61]	—	—	—	0,000*x*	VI
61	Рубидий Rb	85,5	[85,48]	?	0,001	—	0,00*x*	V
62	Рутений Ru	101,7	[101,1]	—	—	—	—	X
63	Самарий Sm	150,3	[150,43]	—	—	—	—	IX
64	Свинец Pb	206,3	[207,21]	—	—	—	0,002	V
65	Селен Se	79,6	[78,96]	?	?	—	0,0000*x*	VII
66	Серебро Ag	107,93	[107,88]	—	—	—	0,00001	VII
67	Скандий Sc	44,1	[44,96]	—	—	—	0,0000*x*	VII
68	Стронций Sr	87,6	[87,63]	0,01	—	—	0,0*x*	IV
69	Сурьма Sb	120,2	[121,76]	—	—	—	0,0000*x*	VII
70	Сера S	32,06	[32,066]	0,1	0,09	—	0,15	III
71	Таллий Tl	204,1	[204,39]	—	—	—	0,00000*x*	VIII
72	Тантал Ta	181	[180,95]	—	—	—	0,000*x*	VI
73	Теллур Te	127,6	[127,61]	?	—	—	0,000001	VIII
74	Тербий Tb	159,2	[158,93]	—	—	—	—	X
75	Титан Ti	48,1	[47,90]	0,5	—	—	0,5	III
76	Торий Th	232,5	[232,12]	—	—	—	0,00*x*	V
77	Тулий Tu	171	[168,94]	—	—	—	—	X
78	Углерод C	12,00	[12,011]	0,5?	—	0,01	0,4	III
79	Уран U	238,5	[238,07]	—	—	—	0,00*x*	V
80	Фосфор P	31,0	[30,975]	0,1	?	—	0,1	III
81	Фтор F	19,0	[19,00]	0,04	0,00008	—	0,10	III
82	Хлор Cl	35,45	[35,457]	0,07	2,07	?	0,2	III
83	Хром Cr	52,1	[52,01]	0,01	—	—	0,0*x*	IV
84	Цезий Cs	132,9	[132,91]	—	—	—	0,00*x*	V
85	Церий Ce	140,25	[140,13]	0,00*x*	—	—	0,01	IV
86	Цинк Zn	65,4	[65,38]	—	—	—	0,0*x*	IV
87	Цирконий Zr	90,6	[91,22]	0,03	—	—	0,0*x*	IV
88	Эрбий Er	166	[167,2]	—	—	—	—	IX

16. Таблица эта, конечно, не дает полных и точных цифр. Она рисует лишь самую общую картину. Но уже из нее резко и ясно бросается в глаза чрезвычайно своеобразное распределение химических элементов в земной коре[1]. Это распределение удобно может быть выражено в таблице, в которой элементы разбиты на группы, каждая группа охватывает элементы, различие в степени распространенности которых не превосходит 10 (кроме I и X групп). Этим путем можно разбить элементы на десять групп. Группы эти следующие:

	% по весу	
I.	10—100	O, Si
II.	1—10	Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, H
III.	0,1—1	Ti, C, Cl, S, P, Mn, F
IV.	0,01—0,1	Rb, N, Ba, B, V, Li, Ni, Sr, Cr, Zr, Br, Ce, Cu
V.	0,001—0,01	Be, Y, Sn, Co, Th, U, Zn, Pb, J, Mo, Rb
VI.	0,0001—0,001	Ar, W, Ta, Cs?, Bi, Cd, Hg
VII.	0,00001—0,0001	La, As, Nd, Nb, Sb, Ag, Se, Sc
VIII.	0,000001—0,00001	Tl, Te, Pr, Au, Pt
IX.	0,0000001—0,000001	Ga, In, He, Pd, Er, Sm
X.	0,00000001—0,0000001	Gd, Ge, Yb, Ir, Kr, Xe, Ne, Os, Rh, Ru, Tb, Tu, Eu, Ra, Dy, Ho, Po, Pa, Ac, Rn, Hf, Lu.

К последней — X группе должны быть отнесены и те химические элементы, атомный вес которых не определен с точностью, дозволяющей поместить их в официальную таблицу, но существование которых весьма вероятно, как, например, гольмий[2] и т. д.[3]

17. Самородные элементы в земной коре. Частью в виде изоморфных подмесей и твердых растворов или рассеянными в газовых массах (главным образом в атмосфере), частью в химически чистом виде, в форме отдельных выделений или в форме растворителя изоморфной смеси и господствующей части сложных структур нам известно в земной коре по крайней мере 45 «самородных» элементов: O, N, H, Ar, He, F, Ne,

лов, 1899; Harker, 1899, стр. 220; Washington, 1903, стр. 106 и сл.; 1908, стр. 735 (перепечатано в «Ore deposits», ed. S. Emmons, 1913, стр. 729); Knopf, 1916, стр. 630; Van Hise, 1904, стр. 192 и др.); Mennell, 1904, стр. 263; De Launay, 1905, стр. 653 и сл.; Kemp, 1906, стр. 207 и сл.; Mead, 1907, стр. 238. О распространенности химических элементов в земной коре см. еще: Ackroyd, 1902, стр. 187; Washington, 1910, стр. 204; Daly, 1910, стр. 209; F. Clarke, 1911 (1), стр. 21 и сл.; Ферсман, 1912, стр. 367 и сл.; F. Clarke, 1911 (2), стр. 214. Цифры, мною приводимые, изменены согласно представляющемуся мне современному состоянию знаний в этой области. Точность многих цифр весьма сомнительна, но порядок и приблизительные количественные взаимные соотношения между элементами едва ли сильно изменятся. Большие сомнения возбуждают числа для N, C и Zr. Об этом при отвечающих им минералах.

[1] Есть попытки объяснить распределение элементов космогонически, в связи с историей земного шара или солнечной системы. См. De Launay, 1905, стр. 629 и сл. Фохт (Vogt, 1901, стр. 5) правильно заметил, что 25 элементов с атомным весом ниже Fe (56) составляют 99,8% (может быть, больше) по весу земной коры. Еще до Фохта Дёберейнер, а позже Менделеев указали на большую распространенность в земной коре легких элементов сравнительно с элементами большего атомного веса. Ср. также F. Clarke, 1911, стр. 34—37. О связи распределения элементов с периодической системой см. Weddell, 1916, стр. 289. Ср. Пилипенко, 1915, стр. 724; Орлов, 1903, стр. 783, 813. Тяжелые элементы входят в ее состав в ничтожном количестве. Это явление служит опорой гипотез, предполагающих, что более тяжелые элементы сосредоточивались при образовании Земли ближе к ее центру.

[2] По мнению Фохта (Vogt, 1898, стр. 234), гольмий распространен одинаково с Er, Gd, Sc, Y.

[3] Цифры, стоящие в этой таблице, изменены и перевычислены мною, по сравнению с данными Кларка и Фохта, на основании новых или не принятых ими в соображение данных, например, для C, H, N и т. д. Входить в детальное изложение этих поправок здесь нет возможности.

Kr[1], Fe, Ni, Co, Mn, Pt, Ir, Rh, Ru, Os, Cu, Ag, Hg, Xe[1], Zn, Sn, Pb, C, S, Se, Te, As, Sb, Bi, Pd, Cl, J, Ra?, Au, Si, Cr?[2], Br[3], Na?[4], P?[5], K?[6], Tl[7], Cd[8] и Ta[9]. Таким образом, из числа 79 более или менее точно констатированных химических элементов[10] для половины из них наблюдалось на земной коре, в тех или иных случаях, свободное состояние[11].

В этом числе, однако, находятся такие новые для нас элементы, как гелий, аргон, неон, криптон и ксенон, для которых вообще не доказана способность давать какие бы то ни было соединения с другими элементами; здесь сосчитаны и такие, как иод, форма соединений которого в природе точно не известна и который, может быть, большею частью рассеян не в свободном состоянии[12]. Оставив эти 6 элементов, а также немного сомнительные Ra, Cr, P и Na, мы все же имеем 32 самородных элемента, способных давать разнообразные соединения и находящихся в земной коре в свободном, не связанном состоянии.

---

[1] О вероятной сложной природе ксенона и, может быть, криптона из нескольких газов, повидимому — элементов, см. R. Schmidt, 1906, стр. 277 и сл.; Baly, 1903, стр. 188.

[2] Нахождение хрома не может считаться доказанным. Его думали — ошибочно — видеть в некоторых минералах еще в начале XIX столетия (см. Mohs, 1805, стр. 12). Теперь нам известно нахождение его в железных метеоритах (см. Cohen, 1894, стр. 55; 1905, стр. 25). Уже Ложье (Laugier, 1817, стр. 342; 1820, стр. 233 и сл.) считал присутствие Cr за характерный признак метеорного железа. Его присутствие в них часто объясняют нахождением в железе добреелита (см. Cohen, 1894, стр. 55). Однако никаких данных для этого нет, кроме действия слабой HCl (при растворении в ней метеорного железа раствор не содержит хрома), которое может относиться и к самородному хрому, ибо и металлический хром нерастворим в слабых кислотах. Точно так же и определение серы в железе, содержащем Cr, противоречит присутствию в железе добреелита (Cohen, 1903, стр. 256). Вероятно поэтому нахождение Cr в сплаве с железом-никелем (ср. Cohen, 1905, стр. 24; Farrington, 1907, стр. 107). Весьма возможно, что хром окажется и в самородном железе-никеле.

[3] Выделение брома, так же как иода и хлора, неизбежно идет при изменении, под влиянием света, галоидных соединений серебра (иодаргирита, бромаргирита и т. п.). Как ни невелика эта реакция, она, может быть, дает ключ к пониманию любопытного явления, что бром (далеко не редкий элемент) минералов (ср. для иода § 18) не дает. Они разлагаются под влиянием света.

[4] К натрию относится пигмент голубой каменной соли. См. об этом Siedentopf, 1905, стр. 857; Svedberg, 1905, стр. 3619; Cotton et Mouton, 1906, стр. 70 и сл. Образование иголок и пластинок натрия в каменной соли, повидимому, связано с действием беккерелевских лучей (Siedentopf, 1905, стр. 864). Выделение металлических натрия и калия в синих природных галоидных соединениях вызывает возражения. См. Prinz, 1908, стр. 82; Specia, 1909, стр. 399 и сл. О выделении K, Na из хлористых соединений под влиянием ультрафиолетовых лучей см. Goldstein, 1915, стр. 252.

[5] Должен выделяться при действии света на H_3P.

[6] Калий, может быть, находится в голубом сильвине (см. Cornu, 1907 (1), стр. 167—168).

[7] Таллий был указан в сере Круксом; позже найден в платине (см. об этом Вернадский, 1909, стр. 828).

[8] Кадмий наблюдается в самородном цинке — см. § 222.

[9] Тантал в виде самородного тантала был указан для Урала (золотоносных россыпей) Вальтером (Walter, 1909, стр. 335) и для Алтая Джоном (John, 1910, стр. 398). [Его нахождение дальнейшими работами не подтвердилось].

[10] Это число принято в таблице элементов на 1904 год.

[11] Если подтвердится существование актиния, полония и других радиоактивных тел, то число это должно быть увеличено, так как они также, кажется, находятся в свободном состоянии. Таких тел в минералах известно 24 — Rutherford, 1907 (2), стр. 661.

[12] О нахождении свободного иода в растворе источника Вудхолл-Спа в Линкольне см. Wanklyn, 1886, стр. 300. Свободный иод выделяется и при действии света на иодаргирит. Иод был еще раньше Уонклина указан Скеем в свободном состоянии в источниках Пагуа, в Новой Зеландии. См. Key, 1877, стр. 445.

Это явление не может быть случайностью и резко бросается в глаза всякому исследователю природных химических процессов.

Правда, очень многие из них встречены на Земле или очень редко, или в ничтожном количестве, или представляют чрезвычайно быстро исчезающие продукты побочных химических реакций. Так, свободные Co и Mn известны лишь как небольшие изоморфные подмеси к другим самородным элементам; Si, если наблюдается, то в самых ничтожных размерах[1], а F[2], Zn и Se встречаются крайне редко, хотя и являются тогда частью в чистом состоянии. Если исключить и эти 6 элементов, останется все-таки 26 химических элементов, которые, встречаясь в земной коре в свободном, не связанном состоянии, играют видную роль в ее химических реакциях, указывают на своеобразный характер химических процессов, местом которых она является.

18. Причина такого выделения в земной коре свободных химических элементов нам неясна. Она, несомненно, тесно связана не только с особыми условиями, какими обставлены химические реакции земной коры, но и вызвана химическими свойствами самих элементов[3], а может быть, даже общими свойствами твердого вещества. Если оставить в стороне новые инертные газы, все же и такие химические элементы, как иридий, осмий, платина, родий, палладий, рутений, многочисленные соединения которых изготовлены в лабораториях, почти не дают химических соединений при тех условиях, какие господствуют в земной коре. Для них известно всего три соединения, одно из которых представляет огромную минералогическую редкость — очень важные для Pt и Pd: сперрилит (формула растворителя — $PtAs_2$), палладит (окись палладия) и крайне редкий лаурит $(Ru,Os)S_2$. Для родия и иридия соединения сомнительны (ирит), хотя в лаборатории мы получаем их очень легко. Очевидно, химические свойства этих элементов не дозволяют им давать соединения при тех формах и том характере энергии, которые господствуют в земной коре. Для этих элементов свободное состояние является наиболее устойчивым.

Почти то же самое приходится сказать еще об одном элементе — азоте, соединения которого в лаборатории исчисляются тысячами. На земной поверхности этот элемент входит в соединения только при совершенно особых формах энергии: при тихом электрическом разряде в атмосфере или в связи с жизнедеятельностью организмов, когда тысячи его соединений, нередко крайне сложных, входят в состав вещества различных организмов и при его распадении до выделения свободного

[1] В общей экономии природы эти количества, может быть, и не так незначительны. На присутствие Si в кварце и стекле, окрашивающемся в черный цвет под влиянием радия, указывал Георгиевский (1904 (2), стр. 4). Может быть, этим объясняется окраска дымчатых кварцев (Königsberger u. Müller, 1906, стр. 73). Эти явления могут объясняться иначе, см. M. Berthelot, 1906 (2), стр. 477. Того же происхождения, очевидно, и столь загадочный «пустынный загар» кремнистых пород.

[2] О фторе в пустотах некоторых плавиков см. Löw, 1881 (1), стр. 1145; 1881 (2), стр. 49. H. Becquerel et H. Moissan, 1890, стр. 669; в изумруде см. Lebeau, 1895, стр. 603.

[3] Есть попытки вывести способность химических элементов встречаться в самородном состоянии из периодичности их свойств. Карнелли (Carnelley, 1884 (2), стр. 197, также 1884 (1), стр. 2289) пытался установить, что элементы четных рядов системы Менделеева не встречаются (исключая O, N, C и VIII группы!) в самородном состоянии, а элементы нечетных встречаются часто в самородном состоянии. Он думал связать это явление с периодичностью свойств элементов по отношению к реакциям восстановления. Это обобщение едва ли имеет реальное значение, в чем легко убедиться, сравнив положение в менделеевской системе 45 элементов, встреченных в самородном состоянии. Они принадлежат и к четным и к нечетным рядам.

азота проходят ряд промежуточных, более или менее сложных стадий. Точно так же под влиянием нитробактерий азот атмосферы и почв непосредственно соединяется с кислородом, давая соединения азотистой и азотной кислот. За исключением этих реакций, связанных с совершенно специальными формами энергии, в общем азот должен считаться на Земле неспособным давать соединения, и свободное его состояние наиболее для него устойчиво при земных условиях, на земной поверхности[1]. Почти несомненно, — в более глубоких слоях земной коры характер азота сильно меняется — он переходит в какие-то соединения, ближе нам неизвестные, кажется, тесно связанные с азотистыми металлами, с аммиачными соединениями, с производными углеводородов.

19. Самородные элементы в поверхностной литосфере. То же самое наблюдается и для многих других элементов: на земной поверхности их соединения распадаются. Так, например, золото на земной поверхности в конце концов собирается главным образом в самородном состоянии, но в более глубоких слоях литосферы оно, несомненно, способно легко входить в соединения. Теллуристые минералы золота являются даже весьма устойчивыми[2]. Аналогичные явления известны для многих химических элементов; мы встречаем их в свободном состоянии исключительно на земной поверхности, тогда как на глубинах (например, в глубоких частях жил, не измененных атмосферными влияниями, в плутонических породах и т. п.) они в самородном состоянии не наблюдаются. Таковы: медь, ртуть, цинк, свинец, сера, селен, теллур, мышьяк, сурьма и др. Другие элементы образуются легко в свободном состоянии во время химических реакций, идущих на земной поверхности. Это относится ко всем элементам § 17, кроме родия, иридия, осмия и рутения.

Очевидно, должна быть какая-нибудь причина, которая вызывает такое своеобразие химических реакций на земной поверхности. Причина эта точно не известна. Нередко говорят о восстановительных процессах, сводят ее к влиянию веществ, легко отнимающих кислород от природных соединений. Однако легко убедиться, что это может быть справедливо только в отдельных, частных случаях, например, для некоторых форм самородного железа (не содержащего никель — см. ниже), изредка меди (цементная медь). В других—элементы выделяются не из кислородных, а из сернистых соединений или, раз выделившись, оказываются неустойчивыми и медленно переходят в устойчивые кисло-

[1] Может быть, аналогичен ему иод. Соединения этого тела в природе почти не известны (иодкераргирит и изоморфная примесь в галоидных соединениях серебра и ртути, лаутарит, изоморфная подмесь в ничтожных количествах в фосфоритах), а между тем количество его не так незначительно (§ 15). О распространении иода ср. Bourset, 1900, стр. 23 и сл. У Бурсе указана литература. Сверх того: Vogt, 1898, стр. 324 и сл.; Jacquot et Willm, 1894, стр. 45; Autenrieth, 1897, стр. 508; Dieseldorf, 1899, стр. 321. Между тем организмы улавливают его чрезвычайно легко; водоросли издавна служат для добывания иодных препаратов. Повидимому, и значительная часть рассеянного иода находится в соединениях организмов (например, в атмосфере — в водорослях и спорах; об этом см. Gautier, 1899, стр. 648) или произошла путем их распадения (например, в фосфоритах, гуано, селитряных залежах). В организмах иод чрезвычайно распространен. См. Bourset, 1900, стр. 47 и сл. Юстус указал на нахождение иода в ядре всякой клетки и позже смог количественно определить его в самых различных органах животного организма, где он колеблется от следов до 9,7 мг на 100 г вещества. См. Justus, 1902, стр. 501 и сл.; 1904, стр. 1 и сл. О иоде см. Вернадский, 1899, стр. 48—49. Все эти факты указывают, что иод на Земле дает соединения при совершенно особых условиях (благодаря энергии организмов). См. ниже, § 405.

[2] См. ниже, в главе о золоте и о соединениях теллура.

родные соединения. Другими словами, эти элементы хотя и образуются на земной поверхности, вовсе не являются на ней устойчивой формой материи, а постепенно переходят в другую, ей отвечающую. Причина их выделения, следовательно, лежит в другого рода обстоятельствах, а не в устойчивости данных тел в условиях земной поверхности.

Отчасти причина их выделения лежит в свойствах исходных, первичных соединений этих элементов. При изучении их истории резко бросается в глаза, что их образование является промежуточной стадией при переходе соединений, соответствующих глубинным слоям литосферы, в соединения поверхностные. В огромном большинстве случаев эти самородные элементы образуются при переходе их простых и сложных сернистых соединений (сульфосолей) в кислородные. Для одних из них, например, для серебра, меди, ртути, мышьяка, сурьмы, висмута, такая промежуточная стадия довольно устойчива и наблюдается почти всегда, для других — как свинца или цинка — она крайне редка и сохраняется только в совершенно исключительных случаях; они быстро переходят в кислородные соединения. Таким образом, выделение этих самородных элементов связано с химическим строением их сернистых соединений.

20. Но может быть, есть еще одна причина медленного сосредоточивания самородных элементов на земной поверхности. Она заключается в характере той энергии, за счет которой идет образование минералов земной коры. Повидимому, эта энергия так или иначе исходит исключительно из Солнца[1]. Все реакции, ею вызываемые, идут на Земле чрезвычайно медленно, причем образуются крайне устойчивые тела, связанные с наименьшей им свойственной свободной энергией; в течение веков достигается устойчивое равновесие.

Очевидно, при распадении какого-нибудь сложного химического соединения на несколько более простых свободная энергия системы, ими образуемой, уменьшается. В конце концов, в пределе, при установлении равновесия, свободная энергия должна быть равна нулю (для химических реакций); это достигается распадением данного тела на свободные элементы. Следовательно, если на земной поверхности существуют условия, которые вызывают полное использование свободной энергии, и устанавливается равновесие сложных химических систем, ей свойственных, то в земной коре должны преобладать химические процессы, связанные с полным разложением природных химических соединений до их элементов.

Насколько мы можем судить, условия такого рода на Земле существуют; они создаются жизнедеятельностью организмов, которые на Земле являются самостоятельными и интенсивными центрами химических реакций[2]. Те в высшей степени сложные явления, какие идут внутри организмов, поддерживаются, с одной стороны, энергией Солнца, а с другой — той химической энергией, какая скопляется в минералах. Несомненно, первой стадией в этом процессе является жизнедеятельность растительных организмов, тогда как животные организмы в значительной мере получают энергию из организмов растительных.

Органический мир, как целое, является тем своеобразным фактором, который разрушает минеральные тела Земли и использует их энергию

---

[1] Если не принимать во внимание радиоактивную энергию, генезис которой нам неизвестен.

[2] О нахождении в жильных месторождениях органических соединений, частью несомненно связанных с организмами, см. любопытную сводку Jenney, 1903, стр. 445 и сл.

до конца, разлагая их на конечные «самородные» элементы. В истории C, N, O, H, S это проявляется, как увидим, чрезвычайно ярко и рельефно, но то же самое наблюдается и в природной химии таких тяжелых элементов, как Cu, Ag, Au, As, Sb, Pb, Zn и т. д., хотя участие в ней организмов видно не сразу. Оно сказывается во влиянии на их генезис «продуктов распадения» организмов, различных природных органических веществ, этим путем образовавшихся; оно видно в характере циркулирующих вод[1] и т. д. Вопрос не совсем ясен, но все же несомненно, что химическая история минералов была бы для этих элементов совершенно иная, если бы в образовании их промежуточных продуктов не участвовали организмы. Роль организмов далеко не безразлична, как увидим, и в огромной группе соединений Si или Al — в природных алюмосиликатах[2].

21. Как на примере этих реакций, можно остановиться на истории самородных углерода и меди.

На земной поверхности так или иначе все соединения углерода путем химических изменений приходят к трем типам: 1) к CO_2 (или ее солям), 2) к углеводородам (главным образом предельного или циклических рядов) и 3) к самородному углероду — графиту. Все это очень простые и устойчивые тела. В течение длинных веков геологической истории так или иначе все они проходят через организмы, а все продукты разложения организмов в конце концов дают самородный углерод — графит. Роль организмов в истории соединений углерода совершенно ясна и отчасти связана с тем, что углерод является одной из главнейших составных частей организмов.

Не менее, однако, она ясна для меди. На земной поверхности все медные соединения в конце концов переходят в кислородные соли меди — углекислые (малахит и азурит), кремнекислые (хризоколла) и т. д. Эти реакции являются реакциями вторичными, под влиянием H_2O, O и CO_2 атмосферы. Но на земной поверхности раньше выпадения кислородных минералов образуется самородная медь. Она выделяется при изменении первичных соединений меди, т. е. тех тел, которые выпадают или из магм или из глубинных частей жил и аналогичных им месторождений. Такими первичными телами являются главным образом соли одноатомной меди сульфожелезных, сульфосурьмянистых, сульфомышьяковистых, сульфооловянных кислот, реже — Cu_2S, сплав меди с золотом (медистое золото), медные производные H_2As, иногда самородная медь. Эти соединения на земной поверхности разлагаются под влиянием циркулирующих поверхностных вод, всегда заключающих в себе растворимые продукты жизнедеятельности организмов, т. е. несущих энергию организмов. Самородная медь выделяется главным образом на границе соприкосновения спускающихся вод с водами, приносящими металлические растворы; химический же характер спускающихся вод обусловлен биохимическими процессами на земной поверхности. Точно так же выпадает самородная медь при соприкосновении растворов медных солей с соединениями железа, всегда на земной поверхности теснейшим образом связанными

[1] О тесной связи состава поверхностных вод с биохимическими процессами см. Aschan, 1907, стр. 56 и сл. Самая чистая вода содержит уже химические органические вещества — следы жизнедеятельности микроорганизмов.

[2] Тесная связь организмов с кремнеглиноземистым телом земной коры окажется еще более значительной, чем это мы обычно принимаем, если подтвердятся результаты выводов плазмогенезиса о роли кремнезема в протоплазме. Очень вероятно, что эта роль далеко не безразлична и что протоплазма состоит из пропитанного разными веществами кремнеземистого полигеля. См. Renaudet, 1907, стр. 133 (приведена литература); Herrera, 1906, стр. 49.

с органической жизнью. Наконец, часть ее непосредственно проходит через организмы.

То же самое мы наблюдаем и для других самородных элементов, и не будет смелым утверждение, что выделение значительного числа самородных элементов на земной поверхности обусловлено тем особым ее свойством, какое сказывается в развитии на ней живого вещества.

22. Помимо организмов, на поверхности Земли есть еще другие явления, которые способствуют выделению свободных элементов. Большая часть этих процессов для нас неясна; одной из причин выделения самородных тел на земной поверхности служит действие капиллярных сил, изученное Беккерелем[1], применившим его для объяснения генезиса природных тел. Мы можем отметить по крайней мере две категории явлений: 1) действие лучистой энергии, главным образом света, и 2) изменения, связанные с медленным испарением твердого тела.

Явления эти крайне мало изучены, и мы не можем достаточно ясно представить себе их значение в общей химии земной коры. Они граничат с той — все еще загадочной — областью явлений, которую мы называем радиоактивностью (§ 10).

Свет, который является могучим агентом синтеза в хлорофиллоносных организмах (однако и здесь с выделением свободного кислорода), в очень многих случаях, в земных реакциях, вызывает реакции распадения. К сожалению, область природных реакций с этой точки зрения совершенно не изучена, но едва ли можно на этом основании оставлять их без рассмотрения[2]. Наоборот, действие света должно быть огромным. Минералы земных недр, образованные в темноте, подвергаются химическим изменениям, нередко очень энергичным, когда они попадают на свет, на земную поверхность. Незначительные изменения приобретают первостепенное значение в ходе веков, которыми исчисляются земные реакции.

В целом ряде таких реакций образуются самородные элементы. Свет в верхних частях жил играет крупную роль в выделении Ag, Cu, может быть Au. Он выделяет из галоидных соединений иод, бром и хлор. Сернистый газ (SO_2) под влиянием света распадается — он дает SO_3 и серу[3]; сероводород H_2S распадается главным образом под влиянием красного цвета[4] (выделение серы) и т. д. Реакции такого рода очень разнообразны, они охватывают весь земной шар и нередко связаны с разрушением химических соединений вплоть до их элементов[5].

Аналогично свету действуют так называемые «тихие разряды» в атмосфере. Их действие отчасти, а может быть и целиком, фотохимическое. Этим путем, например, образуется озон, а аммиачные соедине-

[1] E. Becquerel, 1867, стр. 923, 1213.

[2] См. сводку этих реакций у Eder, 1906. Легко убедиться, сколько таких реакций должно постоянно идти в природе.

[3] M. Morren, 1870, стр. 334.

[4] См. Eder, 1906, стр. 149 — выделение серы.

[5] Свет, повидимому, служит агентом, изменяющим элементы. В этом отношении главным деятелем являются ультрафиолетовые лучи, которые не доходят до земной поверхности (поглощаются атмосферой), но и обычный свет производит то же действие. Ср. Lebon, 1905, стр. 142, 314. Хотя опыты Лебона возбуждают сомнения у некоторых физиков (ср. Кемпбелл — § 10), но к аналогичным взглядам приходят для ультрафиолетовых лучей, например, такие физики, как Ленард, указывающие на изменение ими в высоких слоях атмосферы кислорода в озон. См. Lenard, 1900, стр. 504; 1906, стр. 29—30. То же, из других соображений: Henriet, 1907, стр. 187. См. ниже — озон.

ния распадаются с выделением азота[1]. Еще резче, чем для света, должно проявляться на земной поверхности действие других радиаций, сказывающееся даже в выделении кремния из его соединений, например, в дымчатом кварце и, очевидно, в так называемом пустынном «загаре» кремнистых тел[2].

23. Точно так же мало изучены и другие явления, связанные с испарением твердых тел в газовой среде, т. е. на поверхности Земли, при температуре ниже точки их кипения. Эта область свойств точно так же находится на границе радиоактивных явлений.

Прямые опыты указывают на медленное испарение металлических соединений при обыкновенной температуре, причем происходит разложение их на элементы или, может быть, ионы[3]. Fe_2O_3, PbO, MnO_2, MoO_3, As_2O_3, Sb_2O_3 — все тела, встречаемые на земной поверхности в виде минералов, ясно испаряются при обыкновенной температуре при опытах в течение нескольких лет, причем наблюдаются такие изменения металла (Ag) вблизи них, которые указывают на выделение свободных металлов — Fe, Pb, Mn, Mo, As, Sb. Эти явления можно объяснить допущением переноса ионов элементов. В таком случае при повышении температуры и в разреженной среде эти явления будут идти еще резче[4].

Наконец и такие тела, как природные водные растворы, весьма вероятно, вызывают разложение химических соединений, образование элементарных ионов. В природе приходится допустить существование в растворах ионов H, S, Cl, Br, J, Na, K, Li, Fe, Ag, Tl, Zn, Cu, Ba, Sr, Ca и т. д. Если предположить, что в воде океанов, содержащей ничтожные следы значительного числа элементов[5], соединения этих элементов разбиты до элементарных ионов, то можно сделать вывод, что все химические элементы в виде ионов встречаются на земной поверхности. Но явления, связанные с одновременным нахождением ионов разных элементов, изучены плохо и, может быть, они дают комплексные ионы (например Al).

В тесной связи с такими растворами стоят природные коллоидальные растворы металлов, например марганца, циркулирующие в природе главным образом в виде водных растворов органических

---

[1] M. Berthelot, 1900 (2), стр. 772.

[2] Нельзя не поставить в связь с этим то, что сами радиоактивные вещества, может быть, сосредоточены в поверхностном слое земной коры. Гимстедт (Himstedt, 1904 (2), стр. 210) предположил обратное — что внутренние части земной коры очень богаты радием, но более тщательный анализ явлений радиоактивности приводит к другим выводам. Так, принимая во внимание термометрический градиент Земли и исследования Пашена над производством тепла граммом Ra (226 ккал в 1″), можно считать, что в земном шаре не должно находиться больше $2 \cdot 10^{14}$ г Ra, иначе его температура должна была бы возрастать, чего мы не наблюдаем. Но это количество не может быть рассеяно во всей Земле, так как наблюдаемая радиоактивность почвы в 1000 раз превышает то количество радия, которое она тогда могла бы иметь. Приходится допустить сосредоточение радия в поверхностном слое Земли (см. Liebenow, 1904, стр. 626). Исходя из аналогичных соображений, ту же мысль развил Стретт (Strutt, 1906, стр. 483). Работа Стретта обратила на себя внимание и вызвала большую литературу. См., например, Bloch, 1906, стр. 337; Eve a. McIntosh, 1907, стр. 231. Впрочем, некоторые и теперь считают, что в глубоких слоях земной коры (Erdinnern) радиоактивных веществ больше, чем на ее поверхности. См., например, R. Lucas, 1908, стр. 2.

[3] См. опыты и соображения Zenghelis, 1904, стр. 220 и сл.

[4] Ср. об испускании ионов металлическими соединениями — Wehnelt, 1904, стр. 425 и сл.

[5] О нахождении элементов в океанах см. Krümmel, 1907, стр. 216, всего 32 химических элемента.

солей, обладающих явным каталитическим действием, а каталитическое их действие зависит от присутствия коллоидального металла[1].

Все это области, лишь намечаемые исследованием, но они как раз идут в унисон со странным, на первый взгляд, скоплением многих свободных химических элементов на земной поверхности. Если бы мы приняли во внимание эти любопытные, своеобразные формы свободных элементов, то количество свободных элементов земной поверхности (§17) должно было бы еще возрасти.

Но даже и эти явления не охватывают всех случаев. Так, например, газообразные выделения расплавленных лав вулканов заключают все или почти все химические элементы, характер состояния которых неизвестен[2]. Весьма вероятно, что и в этих газообразных продуктах элементы находятся в момент выделения в свободном состоянии.

24. Самородные элементы другого характера. Все эти явления ясно указывают нам, что в самой поверхностной корке земного шара, около кислородной поверхности и выше ее, т. е., грубо говоря, до глубины около 0,5 км, существуют условия, вызывающие образование и выделение самородных элементов. Химические соединения разрушаются, и химическая энергия идет на создание других процессов.

Но наряду с такими самородными элементами существуют и другие, которые выпадают в глубинных слоях литосферы и являются довольно характерными глубинными минералами. Условия их образования нам известны еще меньше. Повидимому, их образование связано с характером химических процессов, идущих в расплавленных магмах или в таких растворах, образование которых вызвано высоким давлением.

Такими элементами являются Au, Ag, Cu, Pt, Ir, Rh, Ru, Os, Pd, Fe, Ni, Co, Bi, C, O, N, H, Ar, He. Они собираются в небольшое число продуктов, давая характерные, своеобразные минеральные образования.

Выделение их из магм тесно связано с теми сложными процессами, которые идут в магмах, переполненных газами и находящихся под давлениями, исчисляемыми в несколько тысяч атмосфер.

Очень вероятно, что газообразные вещества, например H_2O, диссоциированы в магмах при высокой температуре до своих элементов. Изучение минералогических процессов, главным образом образования водорода (см. ниже), заставляет, например, склоняться к тому мнению, что H_2O разлагается с выделением водорода[3], тогда как кислород соединяется с другими телами, например с FeO.

Характер магм ставит и другой вопрос — вопрос о том, в каком виде заключены в них входящие в их состав элементы. И если по отношению к наиболее обычным окислам приходится допустить, что они не диссоциированы до элементов[4], то по отношению к редким, находящимся в ничтожных количествах телам, вполне допустимо их распадение до металлических «ионов» — до элементов.

Как ни гадательна для нас вся область этих явлений, однако она не противоречит возможности существования второй оболочки земной коры — глубинных частей литосферы, где химические элементы также находятся

[1] Trillat, 1903, стр. 924; 1904, стр. 274.

[2] Обзор вопроса у Lincoln, 1907, стр. 258 и сл.

[3] Gautier, 1903 (1), стр. 17.

[4] Это допускает даже Дёльтер, который дает широкое место процессам диссоциации в магмах (см. Doelter, 1906, стр. 60). Совершенно отрицает явления диссоциации для силикатов и алюмосиликатов Фохт (см. Vogt, 1904, стр. 198, 204 и т. д., здесь же и литература). Данные опытов заставляют склоняться к мнению Фохта. Подробнее ниже, в главе о магмах.

не в связанном состоянии, как они постоянно образуются в свободном состоянии на земной поверхности.

25. Наконец, немногие из числа указанных элементов (главным образом кислород, отчасти азот) находятся в свободном состоянии вследствие особенностей, наблюдаемых в количественном распределении элементов в земной коре. Как известно, одни из них (§ 15) очень распространены; так, кислород составляет 50% по весу земной коры, тогда как другие элементы не достигают даже десятитысячных долей процента. Благодаря такому неравномерному их распределению, некоторые элементы могут находиться на Земле при данных условиях в избытке, т. е. в большем количестве, чем их может войти в соединения с другими телами при тех источниках энергии, какие находятся в земной коре. Так должно быть объяснено присутствие свободного кислорода.

В таком положении могут находиться и тела, процентное количество которых в земной коре ничтожно, например, это мы видим в истории озона. Конечно, такие тела будут в вечно подвижном состоянии: часть их будет входить в соединения, другая выделяться, но все время будет оставаться некоторый избыток элемента в свободном состоянии.

Неясно, не будут ли в таком положении и некоторые другие элементы, количество которых превышает то, которое при термодинамических условиях земной коры может давать в ней соединения. Это относится к таким инертным газам, как Ar, Ne, Xe, Kr, He, соединения которых не получены даже в лабораториях, и, может быть, к природным N и H.

Нечто подобное мы имеем для минералов платинового и осмиево-рутениевого рядов.

26. Деятельность человека. В последние века появился новый фактор, который увеличивает количество свободных химических элементов, преимущественно газов и металлов, на земной поверхности. Фактором этим является деятельность человека.

В общем человек действует в том же направлении, в каком, как мы видели, идет деятельность органического мира. Но с появлением человека эта деятельность получает новые оттенки и совершенно новое направление. Начинаются новые реакции — выделения в элементарном состоянии таких тел, как Fe, Zn, Sn, Pb, Al, Ni и пр., которые или совершенно не выделяются или выделяются природными процессами в ничтожных количествах. В то же самое время и количество добываемых человеком металлов достигает колоссальных размеров и с каждым годом все более и более увеличивается.

Может быть, еще бóльшие количества самородных элементов выделяются человеком бессознательно, побочно; так, при горении каменного угля и других процессах сгорания идет образование C, N и пр.[1] В связи с человеческой жизнью развивается широкая и разнообразная деятельность низших организмов.

Достаточно вспомнить процессы гниения и разложения органических веществ, связанные с жизненными условиями человеческих обществ, производящие в природе изменения, вполне сравнимые с теми, которые вызываются организмами вне связи с человеческой жизнью, — происходящими

[1] Непосредственно на общий состав атмосферы человек не оказывает влияния, так как чрезвычайно быстро происходит выравнивание нарушенного равновесия атмосферы. Однако это влияние сказывается в городах. Еще более значительно косвенное влияние человека, связанное с условиями его жизнедеятельности, благодаря изменению человеком земной поверхности. О малом влиянии см. Henriet, 1907, стр. 189.

путем так называемых природных процессов. Этим путем в природе образуются и перемещаются огромные количества O, N, H, C.

Еще большее влияние оказывает человек полным изменением лика Земли, которое производится им во все бóльших и бóльших размерах по мере развития культуры и распространения влияния культурного человечества. Земная поверхность превращается в города и культурную землю и резко меняет свои химические свойства.

Изменяя характер химических процессов и химических продуктов, человек совершает работу космического характера. Она является с каждым годом все более значительным фактором в минеральных процессах земной коры и мало-помалу меняет их направление.

27. К сожалению, у нас теперь очень мало данных для точного учета этих явлений. Несколько цифр позволят уяснить характер и направление этой деятельности.

С XVI до XIX столетия, в течение 400 лет, человек добыл и выделил в свободном состоянии не менее 15 111 т золота и 276 090 т серебра[1]. Это количество серебра добыто из сернистых его соединений и, должно быть, равно или превышает то его количество, которое выделено было «природными» процессами в земной коре в течение всей жизни Земли. Ежегодно и теперь добывается до 500 т золота и до 4000—5000 т серебра. Золото истирается при употреблении и рассеивается затем в природе в мелко раздробленном виде (§34); ежегодно уходит из обращения этим путем около 0,7—0,8 т золота. Истирание серебра еще сильнее; сверх того, серебро соединяется в природе с S и Cl и вызывает новые химические реакции.

Еще более значительна роль человека по отношению к металлам «неблагородным», т. е. сильно изменяющимся на земной поверхности, входящим в химические реакции с кислородом, водой и т. д. Выбрасывая их в свободном состоянии, человек тем самым вызывает на земной поверхности новые и энергические химические изменения, до него в природе отсутствовавшие.

Исчислить эту работу мы не умеем. Для одного лишь XIX столетия, когда она, несомненно, достигла максимального значения, мы имеем кое-какие числа. Для этого столетия[2] добыто (в тыс. т):

Au	11,5
Al	27,5
Ni	80[3]
Hg	126,5
Ag	130
Sn	2 122
Cu[4]	10 679[4]
Zn	11 373
Pb	22 711[5]

Но все эти количества ничтожны по сравнению с количеством железа. За 54 года, с 1846 по 1900, добыто 872 336 $\times 10^3$ т чугуна; за 34 года, с 1866

[1] Soetbeer, 1879, 1885; Biedermann, 1904, стр. 39.

[2] Кроме Зётбеера и Бидермана, еще Rössing, 1901; B. Neumann, 1904.

[3] По подсчету Б. Неймана. Из данных Фохта (Vogt, 1902 (2), стр. 1) вытекает гораздо меньшее число—около 71 тыс. т с 1840 г. Добыча до 1840 г. ничтожна.

[4] За 300 лет, с XVII по XIX столетие, — 12 568 тыс. т (B. Neumann, 1904, стр. 115). Из этой цифры видно, какую часть добычи дает XIX столетие.

[5] Только за 84 года — с 1816 по 1900, причем добыча с 1830 г. ушестерилась (B. Neumann, 1904, стр. 152).

по 1900, изготовлено 291 756 × 10³ т стали[1]. Для их добычи были переработаны колоссальные количества руды[2].

Для первых семи лет XX столетия (1901—1907) мы получаем цифры добытых и выделенных металлов, которые резко указывают на все повышающийся рост этого явления. Мы имеем (в тыс. т)[3]:

Au	3,6
Cu	4 717
Fe (чугун)	340 505
Pb	6 386
Sn	6 897
Zn	4 289
Ag	98

Мы лишь перед началом добычи металлов. Добыча железа, алюминия, меди все увеличивается, и человек совершает все бóльшую и бóльшую работу химического характера.

Очевидно, цифры добычи XX века во много раз превысят колоссальную добычу XIX столетия!

28. Работа эта, совершаемая с чрезвычайной энергией, быстро подходит к пределу легко восстанавливаемых соединений — руд, на которых остановились природные процессы. Всюду возникает вопрос об истощении запасов природных скоплений металлов, тех их форм, которые доступны переработке человеком.

Раньше всего этот вопрос встал для золота. Дело в том, что при постоянном росте человеческого населения Земли, росте его благосостояния и культуры потребность в металлах все увеличивается. А между тем добытое количество медленно, но неизменно исчезает. Металлы соединяются с другими химическими элементами, истираются, например золото (§ 34). Для золота через какие-нибудь 50 лет вопрос о его добыче неизбежно должен войти в новый фазис. Человек вынужден будет добывать его из новых источников, где оно не сконцентрировано природными процессами. Тем самым химическая работа человечества неизбежно увеличивается.

29. Недавно тот же самый вопрос встал для ж е л е з а. Количество железа, потребное для человека, увеличивается с чрезвычайной быстротой. В 1800 г. добывалось 800 тыс. т чугуна, в 1850 г. — всего 418 тыс. т, в 1880 г. — уже 18 461 тыс. т, в 1900 — 40 972 тыс. т[4], а в 1906 г. количество чугуна достигло 60 524 тыс. т. Одновременно росла также добыча стали и литого железа. Для этой добычи переработано количество руды, по крайней мере, вдвое большее.

Невольно является вопрос, хватит ли скоплений железных руд на земной поверхности, если потребление железа будет расти в той же прогрессии. Для 1950 г. количество ежегодно добываемого чугуна должно, по крайней мере, достигнуть 300 000 тыс. т. А между тем количество всех известных

---

[1] B. N e u m a n n, 1904, стр. 56 и сл.

[2] За 30 лет (1872—1902) было добыто (по годам) железной руды (в млн. т.):

1872	36
1882	48,7
1892	57,2
1902	96,6

См. T i b e r g, 1903, стр. 170—171.

[3] См. «Zschr. prakt. Geol.», Abt. B., 1910, стр. 38.

[4] Данные Неймана. Для 1800 г. взята цифра Тиберга, который дает несколько иные числа. См. T i b e r g, 1903, стр. 170.

нам богатых железных руд всего мира едва ли достигает 10 млрд. т[1]. Руд не хватит на XX столетие; уже в первую его половину начнется «железный голод»[2]. Можно думать, что к 30-м годам XX столетия истощатся главные руды Северо-Американских Соединенных Штатов и Англии; богатейшие железные руды Европейского континента — бурые железняки Лотарингии и Люксембурга — едва ли дойдут до средины столетия[3].

По Богдановичу, общий запас известных и доступных для разработки железных руд Евр. России достигает минимально 2000 млн. т руд, отвечающих 800 млн. т чугуна (принимая целиком керченские —2450 млн. т руды и 980 млн т. чугуна)[4]. По анкете Геологического конгресса 1910 г. мировой запас руд —22 408 млн. т руды, отвечающих 10 192 млн. т чугуна (предпол. запас > 53 136 млн. т). Ясно, что наличного, действительного запаса хватит всего на 60 лет (при возрастании добычи чугуна). Конечно, при этом значительная часть предполагаемого запаса станет действительно наличной[5]. С поправками К. И. Богданович дает (подвергая критике Бейшлага и др.) действительный и предполагаемый запас (в млн. т):

	Руд	Чугуна
Германия	3107,7	1125
Франция	3300	1140
Россия	2450	993

Для России можно смотреть на ближайшее будущее с некоторым чувством удовлетворения. Представления зависят от изучения стран: Африка, Азия и Австралия мало изучены. С этой точки зрения любопытна таблица анкеты, явно указывающая на неверные данные для Азии[6].

Все эти цифры, несомненно, приблизительные, но все же они дают понятие об отношении известных запасов руды к тому количеству металла, которое является необходимым человеку в наш железный век. Приходится уже теперь уменьшать трату железа: становится все более выгодным заменять чугун и железо сталью, которая держится втрое дольше; старый лом все больше идет в работу[7]. И все же перед человеком скоро и здесь

[1] Ср. исчисления у Törnebohm, 1905, стр. 73 и сл. См. критические замечания у Sjögren, 1905, стр. 77 и сл.; Leith, 1906, стр. 360 и сл. Учет железных руд сделан для геологического конгресса в Стокгольме в 1910 г. особой международной комиссией. Результаты общей сводки мировых запасов железных руд напечатаны на немецком, французском и английском языках. См. «The iron ore resources of the world»— Ed. by Secr. of Intern. Geol. Congress, I—II, St., 1910. Обработка этого вопроса вызвала большую литературу. В общем эти учеты не меняют общей картины, которая дана мною в этом параграфе. О запасах железных руд на земном шаре и критику работы стокгольмского конгресса см. Eckert, 1913, стр. 266. Ср. для США Nason, 1912, стр. 695.

[2] Этот вопрос явился предметом горячих дебатов в шведском ригсдаге в 1906 и 1907 гг. в связи с заключением нового условия с железным трестом «Grängesbergbolaget», владеющим главными месторождениями железных руд Швеции. Этому тресту принадлежат 4/5—10/11 всех железных руд Швеции. См. литературные и другие указания в памфлете Адельшельда (Adelsköld, 1907).

[3] Рост добычи идет быстрее предположений. Так, например, в 1889 г. Вандеслебен рассчитывал, что лотарингских железных руд хватит, судя по добыче ($2{,}8 \cdot 10^6$ т), на 750 лет; но добыча в 1902 г. достигла $8{,}8 \cdot 10^6$ т и при такой добыче их едва хватит на 240 лет. Для Люксембурга в 1888 г. он рассчитывал на 80 лет, но, судя по добыче 1902 г., их не хватит на 50 лет. См. Tiberg, 1903, стр. 172—173. По исчислению Кьёльберга, руд Западной Европы и Северной Африки при современном их употреблении хватит лет на 100. См. Kjellberg, 1907, стр. 12.

[4] Богданович, 1913 (2), стр. 98.

[5] Там же, стр. 101, 105, 109.

[6] См. C. Hayes, 1909; Einecke u. Köhler, 1910; Богданович, 1911, стр. IX, 253 и др.

[7] Количество его в сумме ежегодно добываемого чугуна и стали, к сожалению, не может быть установлено.

встанут новые задачи химического характера — добычи железа из менее концентрированных источников руд, например, добычи его из магнетитов вулканических и плутонических пород при помощи электромагнитной обработки, или обращение в руды титано-железистых соединений[1]. Другими словами, химическая работа человечества должна сделаться интенсивнее; оно будет вынуждено концентрировать руды, т. е. быстро производить природную геологическую работу, идущую медленно — веками и тысячелетиями.

Человек, таким образом, постоянно перерабатывает верхнюю покрышку земной коры и переводит значительную часть ее соединений в свободные элементы. С его появлением разрушительная роль энергии, сосредоточенной в живом веществе, увеличилась.

30. Количество самородных элементов. Свободные элементы, получаемые жизнедеятельностью человека, составляют заметную часть самородных элементов земной коры, и их значение в общей массе земной коры все увеличивается с развитием культуры и просвещения. Если мы, однако, оставим их в стороне и обратимся исключительно к чисто естественным продуктам, то из вычислений увидим, что общее количество самородных элементов земной коры относительно невелико. Едва ли сумма всех самородных элементов достигает 0,1% всей массы земной коры.

В группе самородных элементов мы имеем главную, иногда единственную форму нахождения в природе для следующих элементов: N[2], Ar, He, Xe, Ne, Kr, Pt, Rh, Ru, Os, Ir, Pd, Au, J и Rn? Все остальные могут быть оставлены без внимания, так как их количества в самородном состоянии ничтожны в земной коре по сравнению с другими их соединениями.

Кроме того, лишь для C, O, Bi и, может быть, S и H самородное состояние составляет по весу значительную часть запаса этих элементов в земной коре, хотя оно и не является преобладающей формой их нахождения в природе.

Как легко видеть из таблицы § 15, общее количество всех этих элементов, кроме Ar, N, H, C, O, Bi, S, ничтожно. Если бы они даже целиком состояли из самородных элементов, то сумма их всех не достигла бы 0,01% массы земной коры.

Аргон и гелий, вместе взятые, тоже не дают 0,01%, а Bi и S только частью находятся в свободном состоянии, причем только для висмута самородное состояние является преобладающим, тогда как бóльшая часть серы находится в соединениях. Количество свободного водорода, главным образом в массивных породах и в магмах, очень трудно исчислить, но едва ли, при малом его весе, оно достигает 0,01, в крайнем случае — 0,02%.

Остаются только N и O, которые являются, может быть, самыми распространенными самородными элементами. Для азота почти нацело главная его масса находится в самородном состоянии, т. е. его количество достигает по крайней мере 0,04%.

Количество свободного кислорода достигает в атмосфере около 0,008% массы земной коры, а так как количество его в воде океанов не меньше, то общая масса свободного кислорода на Земле составляет около 0,016%, может быть, до 0,02—0,03% всей массы земной коры.

---

[1] О недостатке железных руд см.: Tiberg, 1903, стр. 168 и сл.; Frech, 1904, стр. 487 и сл.; Krull, 1906, стр. 821 (по данным Масона); Törnebohm, 1905; Leith, 1906, стр. 360 (указана литература); J. S. Jeans, 1907, стр. 946.

[2] Если не будем принимать во внимание азотистых соединений организмов.

Таким образом, принимая максимальные числа, мы имеем в максимальном пределе для самородных элементов:

N	0,04%
O	0,02—0,03%
Сумма всех остальных	0,05%

В общем они являются, следовательно, ничтожной частью по весу земной коры.

31. Изменение самородных элементов. Самородные элементы не представляют из себя что-то неизменное и прочное. Они, в общем, являются скоропреходящими, существующими лишь при определенных условиях формами материи. Их изменения подчиняются общим законам изменения минералов.

Изучение этих изменений является главной задачей описательной минералогии, ибо только этим путем возможно выяснение общих законов химии земного шара. Уже теперь возможны здесь обобщения, относящиеся ко всем минералам, в том числе и к самородным элементам. Из числа этих обобщений можно отметить следующие:

Каждый минерал может существовать неизменно лишь до тех пор, пока он находится в условиях своего образования. Как только он из них вышел, для него начинаются новые стадии существования.

Среди этих стадий мы должны резко отличить стадию выветривания и гидратации, происходящую на земной поверхности под влиянием химических тел атмосферы и гидросферы. Другой стадией является метаморфизация, происходящая ниже кислородной поверхности, но в верхних частях литосферы. Наконец, неизбежно допустить последнюю, очень мало изученную стадию магматизации, идущую в глубинных слоях литосферы, где твердое вещество становится пластическим и где прекращаются жильные процессы (§14).

Самородные элементы образуются всеми этими процессами. В зависимости от своего нахождения в той или иной части литосферы они выветриваются, метаморфизуются, переходят и выделяются из магм. В истории каждого элемента постоянно происходят эти разнообразные процессы изменения. Каковы бы они ни были, всегда выдерживается общее правило, что все процессы изменения минералов, нам известные, имеют характер химических обратимых процессов. Для самородных элементов в некоторых случаях это сразу бросается в глаза.

32. Так, уже указывалось раньше (§19), что некоторые из поверхностных самородных элементов представляют промежуточные стадии, например при переходе глубинных сернистых соединений в кислородные. Они выделяются вблизи кислородной поверхности. Очевидно, при изменении физических условий мы должны наблюдать для них переходы в обе стороны: как в кислородные тела, если они их дают, так и в сернистые.

Могут быть условия, когда в природе будут существовать системы равновесия, т. е. будут одновременно находиться как самородный элемент, так и соединение данного элемента. Такие условия действительно наблюдались, например, во многих месторождениях серебра. Оно входит в системы химических равновесий с сернистыми соединениями, например:

$$H_2O + \underset{\text{аргентит}}{Ag_2S} \rightleftarrows 2Ag + O + H_2S.$$

Такой процесс доказывается тем, что известны взаимные переходы аргентита и серебра в одном и том же месторождении в зависимости от условий внешней среды[1].

Еще резче это проявляется для меди, где чрезвычайно часта реакция типа

$$Cu_2O \rightleftarrows Cu_2 + O,$$

причем многочисленны псевдоморфозы куприта (Cu_2O) по самородной меди и обратно[2].

Очевидно, все самородные элементы, характерные для земной поверхности (§ 19), в определенных условиях среды могут представлять аналогичную систему химических равновесий, например: $Cu \rightleftarrows Cu_2S$, $Ag_6Sb_2S_6 \rightleftarrows 3Ag_2S + Sb_2S_3$ и дальше $Ag_2S \rightleftarrows Ag$ и т. д.

Если взять долгие промежутки времени — тысячелетия, то история всякого самородного элемента может быть всегда выражена аналогичным химическим уравнением. Рано или поздно встретятся условия, которые вызовут обратный химический процесс, в другую сторону, чем тот, при котором самородный элемент образуется. Это правильно для Cu, Hg, Pb, Zn, As, Sb и т. д.

История других химических элементов еще более проста, например, история кислорода, азота, т. е. элементов, находящихся в относительном избытке (§ 25). Они образуются многими процессами в природе и, в свою очередь, легко входят в разнообразные химические соединения. При этом количество данного элемента остается неизменным, т. е. его выделяется столько же, сколько переходит в новые соединения. Для таких самородных элементов обратимость химического процесса совершенно ясна.

33. Но есть несколько относящихся сюда минералов, дальнейшая судьба которых нам точно не известна: это те тела, которые как бы являются конечными членами химического процесса и не могут быть сведены к тому типу обратимого процесса, какой мы изучаем в случаях химических равновесий Нам известны условия их образования (генезиса), но не их изменения (исчезания). Таковы, например, Au, Pt, S, C: их дальнейшее изменение нам не известно или почти не известно.

Из всех соединений Au, S и C[3] с течением времени на земной поверхности или на глубинах (для Au и C) выделяются элементы в свободном состоянии. Дальше эти элементы химически не изменяются; процесс на этом как будто заканчивается.

Вопрос, который здесь выясняется, имеет глубокий философский интерес. Ибо если бы это наблюдение было правильным, то пришлось бы допустить случай природного необратимого процесса, т. е. увода на земной поверхности некоторой доли энергии из обращения не в форме теплоты. Это является в области изучаемых физико-химических явлений весьма мало вероятным и едва ли когда наблюдалось[4]. Если бы это было так, то с течением долгих промежутков времени все эти элементы скопились бы на земной поверхности в огромных количествах, в самородном состоянии, в форме графита, алмаза, золота и серы, чего мы, однако, не наблюдаем.

---

[1] C. Hintze, I, 1898, стр. 220.

[2] J. Roth, 1879, стр. 220, 298.

[3] Для Pt, Ir, Os и т. д. этот вывод не может быть сделан с такой уверенностью, так как форма исходных их соединений нам не вполне известна (ср. ниже платина, осмий — иридий).

[4] Nernst, 1907, стр. 18 и сл.

Наблюдения над серой позволяют, повидимому, выяснить это противоречие. Для серы мы не наблюдаем непосредственного перехода ее в какие-нибудь минералы, но внимательное наблюдение позволяет утверждать, что такой переход должен происходить в природе. Так, 1) сера никогда не встречается в самородном состоянии в метаморфических породах (например, в гнейсах, слюдистых сланцах и т. п.), т. е. в породах, подвергавшихся сильному давлению, и 2) мелко раздробленная сера через некоторое время исчезает, т. е. превращается в какие-то другие соединения. Оставляя в стороне первое наблюдение, которое, очевидно, не подходит ни к углероду, ни к золоту, обратим внимание на второе обстоятельство, имеющее более общее значение. Впервые оно было замечено для мелко раздробленной серы, в виде мельчайших кристалликов выпадающей при распадении сернистых соединений (ср. ниже — сера); мало-помалу эти кристаллики самородной серы исчезают, как бы улетают; можно было бы думать здесь или об испарении серы или об ее окислении. Характерный запах серного порошка, долго лежащего в замкнутом пространстве, ясно указывает на вторую причину их изменения. На то же самое указывает быстрое исчезание серы из почвы при употреблении ее порошка для борьбы с филоксерой в виноградниках; по опытам Дюма и позже Поллаччи, сера при этом сгорает в SO_3 и дает сульфаты. Кроме тонко раздробленного состояния, этому способствуют озон, $CaCO_3$, гумусовые вещества и т. д.[1]. Опыты Муассана[2] указали на медленное окисление чистой S в SO_2 при обычной температуре. Исчезание серы и новообразования сульфатов заметны в богатых серных залежах, например сицилийских.

34. Этот процесс изменения, т. е. перехода серы в новые соединения, для нас не вполне выяснен. Но уже теперь из его изучения видны обстоятельства, которые позволяют понять дальнейший круговорот серы и тех природных химических элементов, судьба которых, подобно самородной сере, на первый взгляд загадочна.

Изменения серы происходят только в тонко раздробленном состоянии. Путем механического раздробления вещество приобретает новые свойства, делающие его часто более химически подвижным, химически деятельным. Совершенно так же происходит изменение — переход в новые тела — золота и углерода.

Графитовые, тонко раздробленные вещества на местах контакта, под влиянием как некоторого давления, так и относительно высокой температуры, исчезают, т. е. сгорают в углекислоту. Явление это наблюдается во множестве самых различных контактовых месторождений.

Золото при тонком истирании постепенно рассеивается в пространстве и переходит в ближе не известные нам более подвижные при земных условиях формы. Такое исчезание золота, например вследствие долговременного употребления золотой монеты или золотых предметов, было указано уже давно. Первые исследования этого явления были сделаны еще в конце XVIII столетия такими учеными, как Кавендиш и Гатчетт. Позже банками и государствами в Западной Европе были сделаны новые исчисления[3]. Они показали, что годовая потеря при истирании золотых монет достигает

[1] Об этом см. Pollacci, 1874, стр. 238 и сл.; 1875, стр. 268 и сл.; Daubrée, 1887, стр. 344; Engler u. Weissberg, 1904, стр. 58.

[2] Moissan, 1903, стр. 547 и сл.

[3] Ср. Soetbeer, 1885, стр. 31; тут и литература. Зётбеер рассчитывал, что к 1885 г. для золотой монеты мирового запаса годовая потеря золота этим путем достигает 700—800 кг. Теперь она должна быть сильно увеличена. В различные исторические периоды истирание было различное. См. любопытные данные у Jacob, 1838, стр. 112 и сл.

0,1—0,01 %[3]. Если бы процесс продолжался в том же темпе и направлении без перерыва, то золото в монете должно было бы рассеиваться целиком вследствие истирания в течение 1000—10 000 лет. Несомненно, теперь этот процесс истирания несколько уменьшился в своем темпе вследствие развития банкового дела.

В какой форме золото рассеивается в природе — неизвестно, но так или иначе оно собирается вновь в самородном состоянии, проходя через ближе не известные соединения. В природе этот процесс идет в огромных размерах[1].

Тонко раздробленное твердое вещество под влиянием механического распыления, т. е. усиления поверхностной энергии («натяжения»), приобретает особые свойства, очень близкие к свойствам жидкой фазы. Золото является телом, дающим чрезвычайно легко раздробление без изменения своего химического характера; такое золото, однако, приобретает особые химические свойства, причем размеры тонко раздробленного золота могут быть значительно меньше длин волн самых коротких световых колебаний[2].

Так или иначе, и в этих случаях, при соблюдении определенных условий — привноса энергии путем чрезвычайного распыления, мы видим переход самородных элементов в те соединения, из которых они образовались, или соединения, им аналогичные[3]. Мы должны допустить аналогичные явления для всех тех случаев, когда характер обратимого процесса для нас не совсем ясен. Изучение природных тел, как мы увидим при рассмотрении отдельных минералов, приводит к этому почти с несомненностью.

Такой обратимый характер химических процессов Земли ясно указывает на то, что они совершаются за счет внешней, посторонней энергии. Без нее они давно бы остановились. Эту энергию доставляет Солнце. Без него прекратилась бы не только органическая жизнь Земли, но и изменения и образование минералов[4]. Дальнейший анализ этих явлений не входит, однако, в задачу данного труда.

35. Геологическое время и образование минералов. Изменения минералов неизбежно ставят перед нами вопрос об общем изменении химических реакций Земли (т. е. образования минералов) во времени. Всегда ли были химические реакции Земли в общем теми же, какие мы

---

[1] В золотосплавных лабораториях, например в екатеринбургской, золотая «пыль» находится всюду — на полу, в мебели и т. п. См. Авдеев, 1850, стр. 83.

[2] Ср. любопытные замечания Бейлби (Beilby, 1906, стр. 354 и сл.). О теории Бейлби об изменении тел на поверхности (переход в аморфное состояние) см. состояние вопроса у Вейнберга, 1913, стр. 84.

[3] О значении распыления для хода химических реакций и резкого изменения свойств вещества для элементов, кроме Бейлби, см. Houllevigue, 1902, стр. 626. Общие замечания: его же, 1904, стр. 262 и сл.; Poincaré, 1906, стр. 95—96.

[4] Отсюда, очевидно, следует, что вся теплота земной коры имеет своим первоисточником Солнце и что мы не встречаем на земной коре химических реакций, которые шли бы за счет раньше собранной планетной теплоты, как этого требует космогоническая гипотеза Канта—Лапласа и др. Исходя из других соображений, ту же мысль о тепловом режиме земной коры, как результате энергии Солнца, развил Л. Ячевский (1905, стр. 37, 85 и др.). Ср. еще соображения иного рода, высказанные в довольно неудачной работе Трейберта (Treubert, 1904). Едва ли можно связывать эти явления с другой космогонической гипотезой, с идеей Томпсона о диссипации энергии, как это делает Л. Ячевский. Характер кругового процесса химических реакций не дает нам возможности видеть подтверждение этих идей, по крайней мере — в области минералогии. Другие процессы, могущие явиться самостоятельным источником энергии, например, явления разложения элементов (§ 10), так мало изучены, что ими теперь нельзя пользоваться для этих целей.

изучаем теперь, или, подобно изменению органического мира, физико-химические условия земной коры менялись, проходили разные стадии, совершенно несхожие с теперь нами переживаемой? Обыкновенно этот вопрос разрешается быстро и в утвердительном смысле.

В сознание натуралистов глубоко вошли космогонические верования о прошлом земной коры; они охватили весь наш научный материал. Верны или неверны эти представления, далеки они или близки к действительно происходившим событиям, имеет, однако, очень мало значения для научного исследования природных химических процессов, ибо в этих процессах мы не находим пока никаких следов тех коренных изменений, какие требуются этими теориями.

Было бы интересной и любопытной темой для теории познания выяснить выражающееся в этих теориях неудержимое стремление человеческой мысли искать начало всякого природного явления. Если мысль мирится с понятием бесконечности в смысле отсутствия конца явления, она не может примириться с безначальностью, хотя по существу и то и другое явления одинаково далеки от рационального понимания человеческой мыслью.

Обращаясь к точным научным фактам, мы должны признать, что в общем, как далеко мы ни проникаем в историю земной коры, мы наблюдаем отложение одних и тех же соединений, всюду видим однообразный ход химических реакций. Всюду нас встречают знакомые минералы. Самые глубокие осадочные — докембрийские[1] — отложения, метаморфизованные или почти не измененные осадки, как, например, в Норвегии, Южной Африке, Северной Америке или Китае, — всюду дают нам те же комплексы минералов, какие наблюдаются в аналогичных отложениях более новых геологических формаций. Образование одинаковых — качественно и количественно — комплексов, выделение одних и тех же немногих и характерных минералов доказывает, что процессы, шедшие в атмосфере, гидросфере и верхних слоях литосферы, явления в зоне выветривания и метаморфизации (§ 31) не изменялись заметно в течение долгих лет геологической истории, доступной нашему изучению. Больше того, они указывают, что и количественный состав этих слоев земной коры не менялся, так как иначе это неизбежно отразилось бы на составе образующихся продуктов[2].

Точно так же были напрасны попытки найти различия, в течение времени, для массивных пород или для продуктов, связанных с их изменением и характером свойственных им явлений, т. е. с жильными процессами, контактными образованиями и т. п. И здесь — в общих чертах — повторяются в течение всего доступного нашему изучению геологического времени одни и те же явления, образуются те же продукты, которые мы признаем и ныне происходящими в связи с массивными породами.

Отсюда мы должны заключить, что обобщения, которые мы можем теперь сделать при изучении химических явлений земной коры, относятся не только к нашей геологической эпохе, но имели место и в течение всей доступной научному изучению

---

[1] Я употребляю термин «докембрийский» в смысле, данном Лаппараном, — см. Lapparent, 1906, стр. 753 и сл.

[2] Неизбежен вывод о количественном постоянстве земной коры из постоянства ее минералогического состава. Это, однако, часто забывается. По отношению к океану и атмосфере были многочисленные попытки создания других теорий (см. ниже — вода, воздух), но теории эти не выдерживают научной критики. Указания на неизменность состава атмосферы вследствие одинаковости явлений выветривания во все геологические периоды см. Weinschenk, 1906, стр. 86—87.

ее истории. Условия генезиса и изменения минералов за это время не изменились. Если бы мы хотели остаться на почве космогонических воззрений, мы должны были бы сказать, что в области химических процессов Земли мы не выходим за пределы одной и той же космической стадии земной истории, к которой принадлежит и наша геологическая эпоха.

Во всяком случае ясно, что мы можем оставить в стороне все предположения о прежних космических фазах земной коры, как оставили мы без внимания внутреннее строение и внутренний состав земного шара. Никаких следов гипотетических фаз расплавленной массы нашей планеты, ее горячего состояния и т. п. в химии земной коры мы не видим.

И в пространстве и во времени область нашего познания в минералогии строго и определенно ограничена.

Это обстоятельство позволяет по отношению к самородным элементам утверждать, что ныне наблюдаемые условия их нахождения в общем выдерживаются в течение всей доступной нашему изучению истории Земли, что количественное их отношение сохраняется неизменным (§ 30), что остается неизменным и их распределение в земной коре в связи с общей ее структурой (§ 15) и т. п.

36. Говоря о неизменности химических процессов в течение долгих геологических эпох земной истории, мы говорим лишь об общих чертах явлений. Частности несомненно меняются при неизменности общего фона химических процессов. Достаточно представить себе изменение органического мира от докембрийских отложений до нашего времени. А между тем органический мир, как мы знаем (§ 20), стоит в тесной и неразрывной связи с историей земной коры. Его значение особенно сильно и ярко на земной поверхности, как раз там, где идет энергическое выделение самородных элементов.

Мы не можем точно выяснить, какие изменения в ходе земных химических процессов вызвало появление на земной поверхности новых групп и классов животного или растительного царства. Но, повидимому, общий характер деятельности органического мира не изменялся, т. е. появление одних организмов компенсировалось исчезновением других. В течение всей долгой истории земной коры мы видим неизменными главные продукты жизнедеятельности органического мира. Образование известняков, углей, кремнистых отложений и т. п. в общих чертах выдерживается при посредстве живого вещества во все геологические эпохи, хотя участвующие в их создании организмы меняются. Лишь появление культурного человека (§ 26) вносит новые резкие черты в ход природных реакций.

Благодаря организмам, в некоторые эпохи появляются на Земле и новые продукты. Но все это отдельные соединения, совершенно не нарушающие общей схемы химической истории Земли. Так, есть много случаев появления новых продуктов в связи с жизнедеятельностью человека — например, появление муравьиного альдегида в воздухе городских поселений нашей культуры[1]. Это новый продукт, не образовывавшийся в прежние геологические эпохи.

Точно так же и вне действия организмов для некоторых других минералов встречаются совершенно исключительные условия образования, не повторявшиеся в другие геологические эпохи — например, для криолита и связанных с ним фтористых тел. Для многих редких минералов, встреченных однажды в одном — двух местах земной поверхности, очень

[1] Henriet, 1907. Конечно, речь идет о продуктах, образующихся помимо воли и желания человека.

вероятны исключительные совпадения условий, необходимых для их образования, условий, которые вторично не повторялись.

Несомненно, можно найти много случаев, когда какой-нибудь минерал имеет совершенно определенную область времени и истории Земли, как он имеет определенную область распространения. Но такие случайные образования не имеют никакого значения для познания химии земной коры и могут, следовательно, быть оставлены в стороне при изучении описательной минералогии. Не на изучении этих единичных, не повторявшихся явлений могут быть найдены законы земной химии.

Среди элементов мы имеем ряд случаев таких совершенно исключительных минеральных образований, например аллопаладий, цинк и т. п. Очень возможно, что условия их образования на Земле не повторяются, и они отвечают какой-нибудь эпохе ее существования, но и в ней не играют никакой роли.

37. Гораздо важнее другие явления, связанные с изменением минералов или химических элементов во времени. В целом ряде случаев мы замечаем на Земле известную периодичность в образовании тех или иных химических соединений, повторяемость условий, благоприятных и неблагоприятных для их выделения. Так, лед выделялся в огромных количествах в пермокарбоновую и плейстоценовую эпоху; в пермокарбоновой и юрской эпохе повторялись условия, благоприятствующие выделению каменных углей, и т. д. Изучение этих явлений, тесно и неизбежно связанных с общей неизменностью химических условий земной коры, является одной из интереснейших, но очень мало разработанных глав минералогии. Явления эти тесно связаны с геологической историей Земли. В тесной связи с периодами усиленных дислокаций шли выделения тех или иных минералов, образование характерных химических соединений.

К сожалению, по отношению к самородным элементам наши знания в этой области очень незначительны.

Для золота мы имеем несколько эпох, когда его соединения проникали или концентрировались в земной коре (ср. ниже — золото). Для самородной меди, в тесной связи с обогащением ею осадочных отложений, в некоторые определенные эпохи должны были несколько раз существовать особенно благоприятные условия ее образования, например в эпоху пермскую. То же самое, следует думать, было и для самородного серебра, в связи с особенно благоприятными эпохами выделения свинцового блеска (например, в Европе в триасовую эпоху), для самородной серы — в связи с местным обогащением гипсом (в пермскую, триасовую, плейстоценовую эпоху). Эти явления могут быть только намечены, и причина их пока для нас очень загадочна[1]. Она лишь отчасти связана с изменением физико-географических условий земной поверхности.

Между тем несомненно, именно изучение этой повторяемости в образовании минералов, правильности в появлении в земной коре определенных химических элементов даст ключ к выяснению строения недоступных нам внутренних слоев земного шара (§ 12). Ибо очень возможно, что в некоторые эпохи земной истории в земную кору, как бы вековыми пульсациями, проникали из внутренних частей земного шара те или иные химические элементы. Вслед за тем в течение долгих веков эти тела проходили в земной коре определенные стадии изменения; их энергия использовалась на процессы, связанные с развитием земной коры.

---

[1] De Launay, 1905, стр. 621 и сл.

Однако пока это лишь одна из возможных гипотез. Мы научно не знаем, связаны ли эти тела с химическими реакциями, идущими глубже земной коры, или они произошли из глубинной части литосферы. В этой области мало точно констатированных фактов; дать их является одной из насущнейших задач описательной минералогии.

38. Химические элементы как минералы. Самородные элементы, благодаря общему для всех химических соединений полиморфизму, могли бы представлять большое количество минералов, так как каждая полиморфная разность должна приниматься за отдельный минерал.

Можно вывести, исходя из учения о фазах, что для каждого однородного химического тела мыслимы 38 жидких, газообразных и твердых фаз[1], и если бы они наблюдались для всех 45 элементов, то количество относящихся сюда минералов было бы огромно.

В действительности число это очень невелико, так как общие термодинамические условия, существующие в земной коре, относительно мало разнообразны и могут быть сведены к немногим типам. Некоторые разности будут быстро преходящи и явятся устойчивыми только при определенных, не существующих в земной коре условиях. Из числа возможных физических состояний будут наблюдаться очень немногие. Но все же для некоторых химических элементов мы знаем несколько минералов, отличающихся по фазе, например, для природной серы мы имеем шесть минералов. 1) газообразную серу, 2) жидкую серу, 3) аморфную (сульфурит), 4) α-серу (ромбической системы), 5) β-серу (моноклинной системы) и 6) γ-серу (моноклинной системы).

Второе обстоятельство, увеличивающее количество относящихся к этой группе минералов, заключается в том, что самородные элементы могут чрезвычайно часто выделяться при химических реакциях вместе, образуя различные закономерные смеси. Эти смеси могут быть газообразные, жидкие, твердые (§ 8). Наиболее разнообразны из них твердые смеси.

Характер этих твердых смесей далеко не может считаться выясненным. Во всем дальнейшем изложении мы будем называть изоморфными смесями только такие твердые растворы, все компоненты которых кристаллизуются в одном и том же кристаллическом классе (принадлежат к одной и той же твердой фазе)[2]. Для металлов изоморфные смеси не доказаны[3]; здесь мы имеем дело с твердыми растворами или со сплавами, эвтектическими смесями и т. п., в которых при достаточном увеличении и тщательном физическом исследовании можно открыть неоднородность слагающих их частей. Эти металлические соединения являются большей частью тончайшими механическими смесями, аналогичными криогидратам. Наряду с такими типами закономерных образований химические элементы могут давать и настоящие твердые растворы, в которых в твердом растворителе (элементе) растворены газы, жидкости, может быть твердые тела разных фаз. Для элементов это наблюдается например для α-серы, железа-никеля и т. д.[4].

---

[1] Вернадский, 1904 (1).

[2] Вернадский, 1899, стр. 22.

[3] Nernst, 1907, стр. 405—406. Ср. возражения у Gürtler, 1906, стр. 427.

[4] Некоторые исследователи, например Бруни (Bruni, 1908, стр. 79, 124), считают, что изоморфные смеси более распространены среди свободных элементов, чем среди их соединений. Это утверждение весьма вероятно; однако для металлических элементов мы не знаем до сих пор ни одного, относящегося сюда случая, точно кристаллографически изученного.

Невыясненность и сложность строения твердых элементов решительно не позволяют классифицировать их на основании изоморфизма[1], ибо в эту классификацию мы вносим таким путем слишком много произвольных допущений. Отсутствие ясных изоморфных смесей среди металлов делает применение идей изоморфизма к этой группе минералов еще более затруднительным.

Проще всего классифицировать их на основании физико-химических свойств господствующих в минерале элементов. В основу классификации я кладу понятие о фазе, или физическом состоянии данного элемента. Элементы одной фазы соединяются вместе, в одну группу.

Для элементов приходится выделить, как особую фазу, «металлическое состояние», отличающееся, как известно, чрезвычайной особенностью в целом ряде химических и физических свойств принадлежащих к нему тел[2].

В этих больших группах отдельные минералы будут различаться на основании их химического состава, безразлично, будут ли они являться однородными изоморфными смесями и твердыми растворами или тонкими закономерными механическими смесями. Так, например, отдельным минералом будет являться такая ясно механическая смесь, как воздух; с другой стороны, для железа-никеля (§ 41) можно различить четыре разности в зависимости от разного процентного состава Fe и Ni (физические смеси или твердые растворы).

Так как вопрос о химическом характере тонких механических смесей металлов неясен, удобно будет сохранить для них обозначение, общепринятое для изоморфных смесей, так, например, (Au, Ag) будет обозначать сплав золота и серебра, (Fe, Ni) — физическую смесь или твердый раствор никеля в железе и т. п. Несомненно, такое расширение общепринятого употребления этого термина несколько неудобно, но, с другой стороны, оно неизбежно, пока мы не можем химически отличить неопределенное химическое соединение, для которого существует это обозначение, от закономерной тонкой механической смеси (физического соединения). Элемент гипотезы здесь неизбежен.

Приходится выделить в отдельную группу коллоидальные самородные элементы. Эти элементы с минералогической точки зрения будут представлять подотдел твердых металлов и металлоидов[3]. Количество этих элементов несомненно увеличится по мере того, как разделение коллоидов и кристаллических разностей проникнет в сознание минералогов[4].

39. Минералы группы самородных элементов. Все известные ныне самородные минералы могут быть разделены, таким образом, на три подгруппы:

I. Твердые элементы: А) металлы (кристаллические), Б) металлоиды (кристаллические), В) металлы и металлоиды коллоидальные.

II. Жидкие элементы и III. Газообразные элементы.

---

[1] Такую новейшую классификацию см. у Groth, 1904, стр. 13 и сл.

[2] Ср. Nernst, 1907, стр. 401.

[3] Вернадский, 1912 (2), стр. 758 и сл.

[4] Работы Корню (Cornu, 1909 (1)) обратили вновь внимание на необходимость резкого отделения коллоидальных и кристаллических разностей. Это уже ясно видел Брейтгаупт в своей минералогии (Breithaupt, 1836, стр. 324, 402).

Список минералов группы самородных элементов[1]

I. ТВЕРДЫЕ САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

А. Металлы (кристаллические)

Природные железо и никель

Феррит	Fe	Правильной с.	Валлериус, 1778; Осмонд, 1890
альфа-феррит	α-Fe	»	
бета-феррит	β-Fe	»	
гамма-феррит [3]	γ-Fe	?	
Камасит [3]	(Fe, Ni)	Правильной с.	Норденшельд, 1874; Рейхенбах, 1861
Тэнит[2]	(Fe, Ni) + (Ni, Fe)	»	Норденшельд, 1874; Рейхенбах, 1861
Октиббегит	(Ni, Fe)	»	Шепард, 1867
Аваруит	Ni_2Fe	»	Скей, 1885
*Самородный чугун [4]	(Fe, C)	»	Моссье, 1778; Иностранцев, 1907.

Природные платина—иридий—палладий—железо

*(?) Платинистое железо	(Fe, Pt)	Правильной с.	Озанн, 1827
Платина	Pt	»	» Волластон, 1803
Альфа-ферроплатина [5]	α-(Pt, Fe, Ir)	»	» Соболевский и Варвинский, 1827; Вернадский, 1908
Бета-ферроплатина	β-(Pt,Fe)	»	» Берцелиус, 1829; Вернадский, 1908
[*Медистая ферроплатина	(Pt, Fe, Cu)	»	» Заварицкий, 1928]
Поликсен			
Альфа-поликсен	α-(Pt, Fe, Ir)	»	» Уллоа, 1748; Гаусман, 1813
Бета-поликсен	β-(Pt, Fe)	»	» Волластон, 1804; Мухин, 1842; Вернадский, 1908
Иридий	(Ir, Pt)	»	» Брейтгаупт, 1833
Иридистая платина	(Pt, Ir, Fe)	»	» Сванберг, 1835
Палладистая платина			
Альфа-палладистая платина	α-(Pt, Pd)	»	» Гуссак, 1904, 1906
Бета-палладистая платина	β-(Pt, Pd, Ir)	»	» Гуссак, 1906; Вернадский, 1908
*Гамма-палладистая платина	γ(Pt, Pd)	»	» Вернадский
Палладий	Pd	»	» Волластон, 1808
*Аллопалладий	Pd	»	» Цинкен, 1835; Дана, 1868

Природные осмий—рутений—родий—иридий

Сысерскит	(Ir, Os)	Гексагон. с.	Г. Розе, 1833; Гайдингер, 1845
[*Рутениевый сысерскит		» »	Звягинцев, 1932]
[*Рутеносмиридий	(Ru, Os, Ir)	» »	Аояма, 1936]
Невьянскит	(Ir, Os)	» »	Волластон, 1805; Гайдингер, 1845
Осмит	(Ir, Os)	?	Теннант, 1802; Герман, 1836
[*Осмирид		Правильной с.	Звягинцев, 1938]

---

[1] В этом списке отмечены, по возможности, все минералы, принадлежащие к данной группе. Те, существование которых в природе не может считаться доказанным, отмечены знаком ? Те, которые не описываются в данной работе, отмечены знаком *.

[2] Может быть, γ-феррит — гексагональной системы, см. § 44.

[3] Камасит принадлежит к разности α (Fe, Ni) тэнит представляет смесь других кристаллических разностей α и β (Fe. Ni) и (Ni, Fe).

[4] Указан в России в Сибири, Приморская обл. о-в Русский, Ларионовский полуостров — см. Иностранцев, 1907, стр. 21 и сл.; 1916, стр. 74; Д. Иванов, 1915, стр. 372.

[5] Разности α- и β-ферроплатины и поликсена отличаются только по количеству железа, которого больше в разностях α.

Рутениевый невьянскит	(Ir, Os, Ru)	Гексагон. с.	Сент-Клер Девиль, 1859; Вернадский, 1908
Родиевый невьянскит	(Ir, Os, Rh)	» »	Те же
Платиновый невьянскит	(Ir, Os, Pt)	» »	Клаус, 1854; Вернадский, 1908
*? [Ауросмирид	(Ir, Os, Au)	» »	Звягинцев, 1938]

Природные золото—палладий—родий

Порпецит	(Au, Pd)	Правильной с.	Коутос, 1798; Фребель, 1845
Иридистое золото	(Au, Ir)	» »	Вёлер, 1834; Черник, 1912
Платинистое золото	(Au, Pt)	» »	Черник, 1912
Родит	(Au, Rh)	» »	Дель Рио, 1825; Адам, 1869

Природные золото—серебро—медь

Золото	(Au, Ag)	Правильной с.	
Электрум	(Au, Ag)	» »	
Серебро	Ag	» »	
Кюстелит	(Ag, Au, Pb)	» »	Кюстель, 1866; Брейтгаупт, 1866
Медистое золото	(Au, Cu, Ag)	» »	Готье, 1850; Вернадский, 1908
[*Куприаурид	Au_2Cu_3	» »	Ложечкин, 1939]
Медистое серебро	(Ag, Cu)	» »	Уайт, 1880
(?) Цинковое серебро	(Ag, Zn, Fe)	» »	Пилипенко, 1915

Природные золото—серебро—висмут[1]

Бисмутаурит	(Au, Bi)		Шепард, 1847, 1857
Мальдонит	Au_2Bi?	Правильной с.	Ульрих, 1870
Чиленит	(Ag, Bi)	» »	Домейко, 1845; Дана, 1868

Природные амальгамы: золото—серебро—ртуть

Амальгама	(Ag, Hg)	Правильной с.	Кронштедт, 1753
Конгсбергит	(Ag, Hg)	» »	Пизани, 1872
Аркверит	(Ag, Hg)	» »	Домейко, 1841; Бертье, 1842
Аурамальгама	(Au, Ag, Hg)	» »	Маршан, 1848; Грот, 1898
[*Мошелландсбергит	(Ag_2Hg_3)	» »	Берман и Хархурт, 1938]
*Амальгама палладия (потарит)	(Pd, Hg)	» »	Гаррисон и др., 1925]

Ртуть

Твердая ртуть	Hg	Правильной с.	

Природная медь

Самородная медь	Cu	Правильной с.	
(?) Серебристая медь	(Cu, Ag)	» »	Фильд, 1850; Вернадский, 1908
(?) Железистая медь	(Cu, Fe)	» »	Бибра, 1865; Вернадский, 1908
Купрокуприт	Тонкая смесь $Cu + Cu_2O$		Вернадский, 1910

Природный свинец

Самородный свинец	Pb	Правильной с.	Валлериус, 1750

Природное олово

Самородное олово	Sn	Квадр. с.	Валлериус, 1750

Природный алюминий

*Алюминий	Al		Штокер, 1855[2]

[1] Эти тела, может быть, относятся к соединениям золота и висмута и представляют висмутистые соединения, аналогичные сурьмянистым.

[2] Штокер (Stocker, 1855, стр. 412) предполагает существование в земной коре металлического алюминия.

Природный цинк

Самородный цинк	Zn	Гексагон. с.	Беккер, 1856

Природный висмут

Самородный висмут	Bi	Тригон. с.	Агрикола

Природный теллур

Самородный теллур	Te	Тригон. с.	Клапрот, 1798
*Селенистый теллур	(Te, Se)	?	Дерден, Дана и Уэльс, 1890

Природные мышьяк—сурьма

Самородный мышьяк	As	Тригон. с.	
*Арсеноламприт	As	» »	Брейтгаупт, 1823; Гинтце, 1886
Аллемонтит	(As, Sb)	» »	Лесаж, 1772; Гайдингер, 1845
(?) Сурьмянистый мышьяк	(As, Sb)	» »	Шульц, 1860
Самородная сурьма	Sb		Сваб, 1748

Б. Металлоиды (кристаллические)

Природные сера—селен—мышьяк

Альфа-сера	α-S	Ромб. с.	
Бета-сера	β-S	Моноклин. с.	Рат, 1873
Гамма-сера	γ-S	» »	Вернадский, 1908
Волканит	(S, Se)	?	Штромейер, 1824; Гайдингер, 1845; Рат, 1873
(?) Теллуристая сера	(S, Te)	?	Дайверс, 1883; Льюис, 1892
*Селен	Se	Моноклин. с.	Дель Рио, 1823; Хиллебранд, Мервин и Райт, 1914
[*Гамма-селен	γ-Se	Тригон. с.	Пэлеч, 1934]
*(?) Желтый мышьяк	As	Правильной с.	Беттендорф, 1870; Вернадский, 1908
*(?) Сульфоселенистый мышьяк	(As, Se, S)	?	Сент-Клер Девиль, 1857

Природный углерод

Алмаз	C	Правильной с.	
Борт	C	» »	Дана, 1868
Карбонадо		» »	Дамур, 1853
Графит	C	Гексагон. с.	Вернер, 1789
(?)Графитит	C	?	Люци, 1892
Шунгит		?	Иностранцев, 1877, 1884

* *В. Металлы и металлоиды (коллоидальные)*

(?) Коллоидальное золото	Au	«Спаниоль»	Корню, 1909
Коллоидальное серебро	Ag		Корню, 1909
(?) Натрий	Na		Зидентопф, 1905
(?) Калий	K		Корню, 1907
(?) Силиций	Si		Кёнигсбергер и Мюллер, 1906
Арсеносульфурит	(As, S)		Финсон, 1862; Ринне, 1902
(?) Фосфор	P		Вернадский, 1908
(?) Иод	J		Скей, 1877
Сульфурит (аморфная сера)	S		Ринне, 1902
Коллоидальный селен	Se		Замбонини, 1910
Коллоидальный мышьяк	As		Корню, 1909

II. ЖИДКИЕ САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ[1]

Ртуть — золото

Ртуть	Hg	
Золотая амальгама	(Hg, Au)	Маршан, 1848
Серебряная амальгама	(Hg, Ag)	Вернадский, 1908

Сера

Жидкая сера	S	Рат, 1873
*(?) Бром	Br	Вернадский, 1908

III. ГАЗООБРАЗНЫЕ САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ[2]

*Сера	S	Монтичелли и Ковелли, 1822
*Селен	Se	Сент-Клер Девиль, 1857

Газы воздуха

Воздух	(O, N)	
Кислород	O	Шееле, 1773; Пристли, 1774; Лавуазье, 1777
Азот	N	Рёзерфорд, 1772; Шееле, 1773; Пристли, 1774; Лавуазье, 1777
Аргон	Ar	Рамзай и Рэлей, 1895
Неон	Ne	Рамзай, 1895
Криптон	Kr	» »
Ксенон	Xe	» »
Водород	H	Бунзен, 1846
Гелий	He	Ладенбург, 1898
Озон	O_3	Гольдштейн, 1903
* Фтор	F	Лёв, 1881
Хлор	Cl	Райт, 1881; Вольф, 1878
Иод	J	Скей, 1877
*Ртуть (пары)	Hg	
*(?) Серебро[3]	Ag	
Радиоактивные эманации:		
Радон		Дорн, 1900; Рёзерфорд, 1901
Торон		Оуэнс, 1899
Актинон		Дебьерн, 1903
*(?) Короний [4]		

Таким образом, считая и сомнительные разности, можно отличать около 90 разных минералов, образованных самородными элементами. Очевидно, мы до сих пор еще очень далеки от полного учета всех продуктов химических процессов земной коры, которые могут принадлежать к этому классу тел, и в дальнейшем количество элементов-минералов должно значительно увеличиться.

---

[1] [В описании минералов коллоидальные и жидкие элементы рассматриваются вместе с кристаллическими].

[2] Состав газообразных элементов очень сложен. Несомненно, в каждом природном скоплении газов мы находим самые разнообразные их частицы. Неясно, должны ли мы считать их отдельными минералами или нет (см. § 320). Так, по Томсону (J. Thomson, 1911 (1), стр. 233), для кислорода наблюдаются частицы: O_2, O, O^+, O^{++}, O^-, O_3^+, O_6^+; для азота — N, N_2, N^+, N^{++}, N_2^+ и т. д. Несомненно, эти тела находятся в природе и обусловливают свойства природных газов.

[3] См. F. Clarke, 1911 (1), стр. 258.

[4] Линии его спектра наблюдались в спектре газов сольфатары (см. Nasini, Anderlini, Salvadori, 1898 (1), стр. 1371). К сожалению, эти наблюдения не были вновь подтверждены, если не считать наблюдений над полярными сияниями, спектр которых Вегенер (§ 317) думал относить к особому газу, близкому к коронию, названному им геокоронием. Нельзя не отметить, что есть попытка объяснить спектральные линии, приписываемые новому элементу (коронию), иначе и считать их принадлежащими твердым телам; см. Wood, 1908, стр. 75.

[В настоящее время существование гипотетического газообразного элемента корония не подтвердилось].

ТВЕРДЫЕ И ЖИДКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

А. МЕТАЛЛЫ

Самородное железо-никель

Феррит. Камасит. Тэнит. Октиббегит. Аваруит

40. Химический состав. Самородное железо имеет, вероятно, большее значение в истории земной коры, чем мы теперь можем себе это представить на основании современных, крайне случайных наблюдений.

Оно распадается довольно резко на несколько различных минералов, ясно отличающихся как по составу и структуре, так и по условиям своего образования. Минералы эти нередко встречаются вместе, в одном куске, в закономерном, связанном с их генезисом срастании. Иногда же они находятся в отдельном, свободном виде. Мы имеем здесь частью самородное железо, частью самородный никель.

Химический состав этих тел может быть выражен в следующих колебаниях чисел анализов[1]:

	Fe	Ni	Co	Mn	Cu	C	S	P	Pt	As
1. Феррит	95,2—100	0—2,9	0—1,0	0—0,8	0—0,4	0—0,3	—	0—1,0	0—0,1	0—0,3
2. Камасит	91,4—94,1	6,6— 9,6	Сл.—0,8	—	0,1	—	—	—	—	—
3. Тэнит	63,7—64,0	34,0—36,0	1,5	—	—	0,2	—	0,1	—	—
4. Октиббегит	21,5—37,8	59,8—77,2	0,4—1,5	—	0—1,0	0—сл.	0—0,1	0—0,2	—	—
5. Аваруит	31,0	67,6	0,7	—	—	—	0,2	—	—	—
6. Ni_2Fe	32,19	67,81	—	—	—	—	0	—	—	—

[1] Сводку см. у Гинтце (C. Hintze, I, 1898, стр. 160 и сл.); я принял во внимание только анализы земного самородного железа (в том числе «метеоритов» из Санта-Катарина и Октиббега). Для природного камасита и феррита из Гренландии я оставил без внимания многочисленные анализы (C. Hintze, I, 1898, стр. 169; Böggild, 1905), в которых при анализе не выделены когенит (или его аналоги) и графит; это сразу видно по большому содержанию в них углерода. Когенит в полированных кусках этого железа виден иногда простым глазом. Точно так же анализы этого железа, богатого примесями SiO_2 и т. д., оставлены без внимания; если не было возможности точно выделить эти примеси, — тогда анализы перечислены. Сверх того приняты во внимание более новые или не указанные Гинтце анализы: Г. Иванов, 1841, стр. 143 (камасит); 1859, стр. 115 (камасит); G. Hoffmann. 1905, стр. 319 (октиббегит), Jamieson, 1905, стр. 159 (два октиббегита). Новый анализ октиббегита: Ячевский, 1909, стр. 70. Включен анализ феррита из Приканавного прииска на Урале; он дал по К. А. Ненадкевичу, кроме Ge, еще Cu—0,04, нераств. остатка (SiO_2)—0,13% (Геологический музей Академии Наук).

Как видно из этих чисел, данные крайне недостаточны. Для земного тэнита, камасита и аваруита мы имеем всего по одному полному анализу, в других определены лишь главные составные части[1].

41. Химические анализы самородного железа весьма часто делались над веществом, которое не было вполне очищено от примесей; это сказывается, например, на нахождении C, S, P, Si и As, которые, вероятно, должны быть отнесены в значительной мере на долю примесей (железо-никелевых их соединений), может быть местами однородно рассеянных в массе металла. Для углерода, судя по аналогии с результатами исследования искусственного железа и опытов с никелистой сталью, надо допустить существование своеобразных эвтектических смесей когенита (и мартенсита?) с железом-никелем, отчасти — их твердых растворов. Углерод находится в нем в виде твердого раствора цементита (Fe_3C) в β-Fe; в α-Fe цементит не растворяется[2]. Можно думать, что аналогичные растворы и физические смеси дает с железом и фосфор в виде Fe_3P, соответственно для шрейберсита — $(Fe, Ni)_3P$. Для природных железа — никеля эти строения не изучены. Вероятно, таково же нахождение небольших следов Si[3], тоже дающего соединения с железом.

Все остальные элементы должны рассматриваться как самородные элементы или металлические соединения, входящие в однородную массу с железом или никелем. Характер этого вхождения отчасти открывается нам из изучения строения метеоритов и искусственных стали и железа.

Принимая во внимание такую сложность химической структуры, необходимо отнестись критически к таблице химического состава природных соединений, данной в § 40. Во-первых, процентное содержание Fe и Ni в анализах феррита, может быть, не отвечает действительности. Вероятно, мы имеем в них результат тонкого закономерного срастания феррита, камасита и октиббегита, ибо только анализы гренландского железа[4] дают значительное количество Ni (больше 2%) и Co (до 1%), тогда как все остальные образцы феррита по анализам дают максимум 0,6% Ni и до 0,3% Co[5]. Между тем для гренландского железа изучение простым глазом явлений вытравления на полированных поверхностях ясно указывает на их неоднородное строение и на различную концентрацию в них железа и никеля, например, для Уифака (=Овифак), окр. Годгавн[6], Меллемфиорда (там же), Якорнака, окр. Якобсгавн[7], и т. д. Поэтому можно принять,

---

[1] Для камасита—L. Smith, 1879; 1884, стр. 554; для тэнита — анализ Дамура (Damour, 1877, стр. 481), менее полный — Гинье и Озорио де Альмейда (Guignet et Ozorio de Almeida, 1876, стр. 917). Для аваруита — Skey, 1885, стр. 401; Johnston, 1911, стр. 257. Для феррита мы имеем 9 неполных анализов, для камасита 4, для тэнита 2, для октиббегита 6, для аваруита 2.

[2] См. Беляев, 1909, стр. 29, 88.

[3] См. Damour, 1877, стр. 480. Он нашел 0,0001% Si. Может быть, Si находится в виде муассанита — CSi.

[4] Анализы дают от 1,2 до 6,5% Ni, см. сводку у Böggild, 1905, стр. 20. Тринадцать анализов дают 1,2—2,6% Ni, один — 6,5% (L. Smith, 1879). О колебании Ni в гренландском железе см. Steenstrup, 1875, стр. 298—299. О нахождении никеля в заведомо теллурическом железе осадочного происхождения — псевдоморфозе по дереву (сидероффите) см. Bahr, 1851 (2).

[5] Неполный анализ железа из Санарки дал Шмидту 2,1% Ni. См. Гревингк, 1882, стр. 150.

[6] Böggild, 1905, стр. 23. Микроскопическое исследование шлифов ясно показывает, что здесь есть два разных железа, одновременно присутствующих и срастающихся, — светлое и темное, см. Phalen, 1903, стр. 198—199.

[7] Есть гренландское железо с 0,45—0,35% Ni. Для такого железа (ср. § 42) (Асук в окр. Ритенбек, Иернпюнт в окр. Годгавн и т. д.) при вытравлении неоднородность строения не указана (Böggild, 1905, стр. 15, 22 и т. д.). Несмотря на большое

что валовой анализ гренладского железа сделан над неоднородным веществом. Если оставить в стороне эти анализы, то разница между камаситом и ферритом станет еще резче и состав ф е р р и т а выразится:

Fe	Ni	Co	Mn	Cu	Pt	P	As
98,5—100,0	0—0,6	0—0,3	0—0,8	0—0,4	0—0,1	0—1,0	0—0,3

Co, Cu, Mn и Pt находятся, повидимому, в твердом растворе[1] и количество их очень незначительно. Особенно любопытно нахождение м а р г а н ц а и п л а т и н ы. М а р г а н е ц не встречен в природе в большом количестве в самородном состоянии (в самородной платине его еще меньше, § 67); он наблюдался во вторичном железе и произошел восстановлением гидратов окиси железа, богатых марганцем, или богатых марганцем магнетитов[2]. Такое образование железа, содержащего самородный марганец, делает весьма вероятным его выделение во многих аналогичных случаях, ибо примесь окислов марганца к лимонитам обычна.

П л а т и н а была определена всего однажды[3] — в железе из россыпей Приканавного прииска около Березовска на Урале, но при обычных анализах Pt исчезает и не определяется и, может быть, она более распространена, чем показывают нам наши анализы[4].

42. Из данных химических анализов уже ясно, что наибольшее значение в природном железе играет никель и что для познания его состава необходимо выяснить природу (Fe, Ni). Она не может считаться точно установленной. Вначале придавали этим телам формулу определенного химического соединения: $Fe_{14}Ni$, Fe_6Ni, $FeNi_2$ и т. п., но легко убедиться, что эти формулы совершенно не отвечают наблюдаемым фактам. Пришлось допустить, что мы имеем здесь твердые растворы никеля в железе или железа в никеле, иногда эвтектическую их смесь[5].

Однако некоторые данные[6] указывают все же на существование опре-

---

количество анализов, химический характер гренландского железа не ясен; так, например, ни один анализ не указывает хрома. Определение хрома, сделанное над уифакским железом (коллекция Московского университета) в лаборатории Академии Наук К. А. Ненадкевичем, дало отрицательный результат. В метеоритном никелистом железе хром почти всегда присутствует. О нахождении в железе из Якорнака Zr и Y см. F o r c h h a m m e r, 1854.

[1] Любопытно, что для метеоритного железа относительное количество элементов Fe — Ni — Co — Cu всегда пропорционально атомному их весу — см. F a r r i n g t o n, 1907, стр. 110. Анализы земного железа этому не противоречат, но их слишком мало для окончательного заключения. Эта правильность любопытна с точки зрения генезиса элементов.

[2] G. H o f f m a n n, 1893, стр. 13; 1896, стр. 24; 1890 (2), стр. 39.

[3] D a u b r é e e t M e u n i e r, 1891, стр. 174. Едва ли можно считать точными данные старинного анализа Озанна, нашедшего в железе из Урала до 8% Pt (O s a n n, 1827, стр. 318). Дело в том, что Берцелиус в присланной ему Озанном руде, которая должна была заключать 86,3% Fe, совершенно не нашел железа, но открыл лишь Mn и Ir (B e r z e l i u s, 1829 (2), стр. 207). Возможно, что в платиновом песке встречается платинистое железо. Так, уже Берцелиус отметил существование в платиновой руде зерен, заключающих платину, растворимых в HNO_3. Он говорит: «Некоторые из этих зерен содержат так много железа, что бо́льшая часть их растворяется в азотной кислоте, так что можно считать их самородным железом».

[4] Анализ К. А. Ненадкевича железа Приканавного прииска (коллекция Академии Наук) не дал следа платины (взято было 5,6 г). Любопытно, что Pt и Ir в железе метеоритном из Кун-Бьютт (Каньон-Диабло) (ср. § 48) распределены чрезвычайно неравномерно (по указанию Маллета), см. B a r r i n g e r, 1906, стр. 863.

[5] Ср. R i n n e, 1905, стр. 122 и сл. Едва ли есть надобность различать эвтектические и эвтропические смеси, как это делает Риннэ (стр. 136). Структура их одинаковая.

[6] Ср. R i n n e, 1905, стр. 148; T a m m a n n u. G ü r t l e r, 1905, стр. 212. Об определенном соединении Ni_2Fe см. еще R u h r, 1909, стр. 679.

деленного соединения Ni_2Fe с 66% Ni, отвечающего по составу аваруиту из Новой Зеландии, который должен поэтому быть отделен от октиббегита. Ni_2Fe, может быть, тоже растворяется в железе и дает с ним, а также с никелем, закономерные физические смеси.

Помимо определенного химического соединения Ni_2Fe, для Fe и Ni известно по крайней мере два твердых раствора — камасит и октиббегит, один — богатый Fe, другой Ni[1]. Опыты прямого сплавления Fe и Ni указывают, что один раствор может заключать до 7—13% Ni (камасит), другой — до 43—53% Ni (октиббегит)[2]. Однородных растворов, заключающих промежуточные количества никеля, не существует, и анализы, дающие промежуточные числа, относятся к не совсем чистым веществам — более или менее закономерным смесям октиббегита и камасита. Такую смесь составляет тэнит. Он не является однородным, но в то же время и не может быть рассматриваем как простая механическая смесь двух разных тел (Fe, Ni). Как мы увидим дальше (§ 44), оба этих твердых раствора кристаллизуются в разных кристаллических классах, и тэнит представляет тело, аналогичное своеобразным физическим смесям SiO_2. Он не может быть отнесен к камаситу или октиббегиту, как не может быть отнесен кремень к кварцу или к халцедону. Строение его еще более усложняется, так как не исключена возможность тонкой механической подмеси даже феррита[3] и, может быть, и других соединений железа с никелем[4], например аваруита или таких тел, как когенит, мартенсит и т. д. Иногда количество углерода превышает количество его, наблюдаемое в метеоритном железе (например, в камасите из Уифака от 3 до 4% C[5]). Этим объясняются колебания анализов тэнита и камасита (§ 40) и то, что среди относительно постоянного состава камасита и тэнита наблюдаются

---

[1] Указывается нахождение еще одной смеси, количество Ni в которой является промежуточным между камаситом и октиббегитом. Представителем такого железа служит капское метеоритное железо, заключающее около 17% Ni+Co. Коген (Cohen, 1894, стр. 109, 111) не считает возможным предполагать здесь смесь тэнита и камасита. Есть ряд других тел того же состава (Cohen, 1903, стр. 217), делающих возможным существование этого тела. В земной коре оно не наблюдалось. Опыты над сплавами его не открывают. Может быть, надо выделить, как особую разность, эвтектику с 27% Ni, состоящую из двух (Fe, Ni), более богатого (не менее 37% Ni) и более бедного Ni (не более 7% Ni). О ней см. S. Smith, 1908, стр. 104. Это будет частный случай тэнита, может быть плессита.

[2] О сплавах Ni и Fe см. Osmond et Cartaud, 1903, стр. 1057; Guillet, 1903, стр. 658 и сл.; Guillaume, 1904 (1), стр. 23 (здесь литература); 1904 (2), стр. 185 и сл.; Tammann u. Gürtler, 1905, стр. 205 и сл.; Rinne, 1905, стр. 125. О сплавах Ni — Fe см. еще Schleicher u. Gürtler, 1914, стр. 237; S. Smith, 1908, стр. 21 и сл.

[3] Ср. Tschermak, 1871, стр. 194. Данные синтезов как будто противоречат этому, так как при содержании до 13% Ni железо сохраняется однородным при изучении равновесия сплавов, т. е. возможны все переходы между ферритом и камаситом. Ср. Rinne, 1905. Однако, едва ли такое заключение будет правильным, так как оно касается только условий равновесия, т. е. образования сплава обоих металлов при изменении координат t и p. Могут быть, однако, совершенно иные условия образования этих тел (например, одновременное присутствие других железных соединений, образование из карбонильных соединений и т. д.), на которые не могут быть перенесены выводы, основанные лишь на изменении данных ординат равновесия сплава. Нахождение гренландского железа, бедного никелем, делает очень вероятным образование при этих условиях феррита одновременно с камаситом. Ср. наблюдения Фалена (§ 41). Об этом гренландском железе см.: Steenstrup, 1883, стр. 125; Lorenzen, 1883; Nikolau, 1901, стр. 237.

[4] Ср. Cohen, 1894, стр. 97, 103.

[5] На это обратил внимание уже Л. Смит (L. Smith, 1878, стр 90). Об уифакском железе см. Benedicks, 1910 (2), стр. 518; 1912, стр. 885 (считает его естественной сталью).

отдельные случаи, довольно сильно отклоняющиеся в сторону. Эти отклонения очень значительны даже для метеоритного железа, бедного углеродом. Так, например, для камасита (29 анализов) и тэнита (15 анализов) метеоритов мы имеем следующий состав[1]:

	Fe	Ni	Co	Cu
Камасит . . .	92,6—94,6	5,2—7,0	0,2—0,9	0—0,1
Тэнит	61,9—74,8	24,3—36,9	0,3—2,1	0—0,3

43. Кроме этих составных частей и различных примесей в тесной связи с генезисом некоторые относящиеся сюда минералы — главным образом камасит, тэнит, октиббегит — очень часто заключают растворенными в массе металла газы, должно быть, захваченные ими в момент своего образования. При нагревании минералов в пустоте они выделяются в свободном состоянии. На присутствие газов давно указал Грэхам[2]. Он обратил внимание на преобладание водорода в метеоритном железе; в искусственном, по его опытам, преобладает CO_2. Позже те же газы были найдены в земном железе. Так, уже Норденшельд заметил выделение газов при накаливании гренландского железа. Объем газов превышает в несколько раз объем порошка уифакского железа. Газы эти были анализированы Вёлером[3] и оказались состоящими из CO и небольшого количества CO_2. Таким образом, эти газы отличны от газов метеоритов и искусственного железа[4]. Характер их нахождения в железе не совсем ясен. Может быть, они отчасти образуются даже во время опыта, благодаря разложению карбидов (когенита) при нагревании, но очень возможно, что они тесно связаны с генезисом железа и образуются в связи с карбониловыми производными (§ 53). Вопрос этот заслуживает более тщательного изучения, чем это было сделано до сих пор.

44. **Физические свойства.** Железо и никелистое железо — тело резко полиморфное[5]; известны по крайней мере три его разности — α, β и γ[6], устойчивые в разных интервалах температур. В природе феррит и камасит всегда являются в одной и той же разности правильной системы, но они никогда не наблюдались в форме отдельных, хорошо образованных многогранников. Главные массы их находятся в виде микроскопически мелких включений — в виде пыли, рассеянной в застывшей силикатовой магме, в виде зерен и пластинок. Встречаются значительные скопления самородного железа, куски, сплошь из него состоящие, в несколько килограммов весом. Еще бóльшие его массы образуются из тесной смеси самородного железа и силикатов, где железо может составлять $^1/_2$ и больше

---

[1] Cohen, 1894, стр. 96, 102; 1903, стр. 216—217; C. Hintze, I, 1898, стр. 184 и сл.; Farrington, 1907, стр. 57 и сл. По мнению Бржезины и Когена, камасит содержит 4,9—7,4% Ni, а тэнит 16,7—38,1 % (Brzesina u. Cohen, 1905).

[2] T. Graham, 1876, стр. 282—283 (работа 1867 г.).

[3] Wöhler, 1872, стр. 299; A. Nordenskiöld, 1885, стр. 207.

[4] Ср. Cohen, 1894, стр. 181.

[5] Первые указания на полиморфизм железа были сделаны Д. К. Черновым, говорившим об изменении его «структуры» (Чернов, 1868, стр. 399). О его работах см. еще Беляев, 1909, стр. 67. Ср. Горбов, 1907, стр. 691. О полиморфных разностях железа см. Bronievski, 1913, стр. 699. Броневский допускает существование растворов одной полиморфной разности в другой.

[6] По мнению Осмонда (Osmond, 1900, стр. 110 и сл.), все три разности железа α, β и γ — кристаллизуются в правильной системе. Приводимые им доказательства все еще недостаточны. Ср. еще Osmond et Cartaud, 1900, стр. 113 и сл.; 1906 (1), стр. 1532; подробнее — 1906 (2), стр. 492 и сл. О кристаллизации α-железа см. еще Циглер, 1911. Для камасита, повидимому, существуют все три разности; неясно, существуют ли они все для октиббегита.

всей массы, не образуя сплошных выделений. Такие куски весят несколько тысяч килограммов, один кусок в Стокгольмском музее до 25 т; но эти куски являются породой, обогащенной железом, и железо не образует в них особенно значительных чистых скоплений.

Все эти массы принадлежат α-Fe. Но в природе, судя по условиям генезиса железа, должны находиться и две другие его разности — β-Fe, существующее при обыкновенном давлении и при температуре между 735 и 850° C, и γ-Fe, существующее при тех же условиях, но при температуре между 850 и 1550°C[1]. Строение α- и β-железа идентично (кубоцентрированная сетка), $a = 2{,}87$ Å (для α-Fe) и 2,92 Å (для β-Fe). У γ-Fe гранецентрированная сетка, $a = 3{,}61$ Å. У мартенсита сетка α-Fe; у аустенита и железа при 1000° сетка γ-Fe[2]. У α-Fe атомы наиболее близко сгруппированы по тригональным осям. Магнитной изотропии в нем нет, так как веберовские элементы расположены по этим осям[3].

Для октиббегита несомненна принадлежность его к другой полиморфной разности — к разности γ-Fe[4]. Принадлежность разности γ к правильной системе возбуждает сомнения[5].

Строение тэнита — очень сложное и до сих пор невыясненное[6].

45. Строение отдельных кусков, чешуек, листочков, масс самородного железа, к сожалению, чрезвычайно мало и плохо изучено. Даже гренландское железо, для которого открытие определенного строения имело огромное значение и над которым работали многие очень выдающиеся ученые, не дает нам до сих пор ясных и точных указаний. Мы знаем только, что в нем наблюдается строение, отчасти аналогичное тому, которое известно для многих метеоритов и которое выражается в закономерном срастании различных разностей, богатых и бедных никелем. При обработке кусков уифакского и другого железа азотной кислотой получается неоди-

---

[1] Числа, полученные разными исследователями и разными методами, см. у Горбова, 1907, стр 692. Возможны еще точки перехода около 600 и 1300°; тогда мы должны признать существование еще ε-Fe — при температуре между 600—735°, и δ-Fe— между 1300 — 1550°, но существование этих твердых фаз сомнительно. Определение для чистого железа точки перехода: $A_2 = 768° \pm 0{,}5$; $A_3 = 898° \pm 2$ или $909° \pm 1$ (Burgess a. Growe 1913, стр. 315). По Ruer a. Goernons, 1916: 769°, 906°, 1401° (температура плавления 1528°). О β-Fe см. Maurer, 1920, стр. 39. Fe полиморфно при 370°. Две полиморфные разности α-Fe—Sirovich, 1923, стр. 674.

[2] Ewing, 1922; Westgren, 1921, стр. 727.

[3] Westgren u. Phragmen, 1922, стр. 1.

[4] Ср. Osmond, 1900, стр. 137; Guillet, 1903 (1), стр. 661 и сл.; Tammann u. Gürtler, 1905, стр. 212.

[5] По Ле Шателье, может быть ромбоэдрическая — см. Osmond et Cartaud, 1906 (2), стр. 490. Тамман и Гюртлер (1905) считают, что изучение равновесий Fe—Ni указывает на принадлежность (Fe, Ni) и (Ni, Fe) к разным кристаллическим системам, но из их данных несомненна лишь принадлежность их к разным фазам, т. е. к разным кристаллическим классам. Сплавы Fe-Ni дали Эндрюсу очень странные результаты (M. Andrews, 1921, стр. 245): 1) 0—25% Ni — кубоцентрированная сетка, 2) 25—30% — она же и сетка гранецентрированная, 3) 30—100% Ni — сетка гранецентрированная. Никакого изменения структуры для предполагаемого соединения Fe_2Ni не замечено. Любопытно, что при намагничивании (в жидком воздухе) Fe_2Ni переходит из гранецентрированной сетки в кубоцентрированную.

[6] Под микроскопом он дает «мартенситовое» строение (см. Guillet, 1903 (1), стр. 668 и сл ; 1903 (2), стр. 208 и сл.), но неясно, как толковать это строение. См. об этом у Курбатова, 1905, стр. 184—185. Не представляет ли тэнит раствор углерода или азотистых тел в смеси октиббегита и камасита? Столь важная — в этом смысле — роль азота совершенно не выяснена для природного железа. Ни один анализ не дает азота, а между тем Fe_4N встречен в природе (сидеразот) и способен растворяться в феррите. О значении азотистого железа для структуры стали см. Braune, 1905, стр. 498. Le Chatelier, 1905, стр. 504. [Тэнит, по новым данным, является смесью ортотэнита — Fe_2Ni и метатэнита —Fe_6Ni].

наковое растворение его частей, что может быть объяснено или различным срастанием феррита, камасита и тэнита или определенным двойниковым сложением[1]. То и другое наблюдается в метеоритах. Самородное железо никогда не дает в ясной форме тех явлений, какие мы получаем на метеоритном железе в виде фигур Видманштедта, т. е. закономерного повторения срастания по плоскости {111} тэнита, камасита и плессита[2]. Строение его гораздо сложнее[3]. Судя по аналогии с другими природными металлами, мы должны здесь ждать определенных скелетообразных сростков двойникового типа, усложненных срастанием тел разного химического состава[4].

46. Форма выделений земного железа очень разнообразна и нередко оригинальна. Иногда в больших кусках его можно заметить характерное брекчиевидное строение; так, например, такое строение резко выражено для тэнита из Санта-Катарины[5] (рис. 1); то же самое мы наблюдаем для октиббегита, кусочки которого нередко находятся в массе серпентина[6].

Другую характерную форму природного железа представляют шаровые, иногда микроскопически мелкие (до 0,4 мм) круглые конкреции (рис. 2), частью целиком состоящие из железа, частью образующие пленки на конкрециях кремнезема, богатого органическими веществами[7].

В выделениях базальтов оно имеет иногда форму случайную, заполняя промежутки между зернами силикатов (рис. 3), иногда при этом можно

---

[1] О строении гренландского железа см. A. Nordenskiöld, 1870 (1), стр. 1062, 1069; 1872, стр. 460, 516; 1885, стр. 207; Steenstrup, 1883, стр. 121 и сл.; Phalen, 1903, стр. 198; Michel-Lévy et Fouqué, 1879, табл 36, фиг. 2.

[2] Строение плессита совершенно неясно. В земном железе он не указан. Это эвтектическая смесь камасита и тэнита.

[3] Ср. Cohen, 1894, стр. 85. В литературе мы встречаем указание на нахождение видманштедтовых фигур для природного железа, но из точного анализа данных ясно, что дело идет о неоднородном вытравлении этого железа и термин «видманштедтовы фигуры» получает неправильное, очень распространительное толкование. Так, для гренландского железа эти фигуры указаны Стеенструпом (Steenstrup, 1883, стр. 126) и Николау (Nikolau, 1901, стр. 230), но рисунки их не даны. Оригиналы травления этого железа Норденшельдом, хранящиеся в Стокгольмском музее, ясно дают иные фигуры, а не видманштедтовы. На это правильно указал уже Бржезина; см. Brzesina, 1885, стр. 201. Для бразильского железа из Санта-Катарина видманштедтовы фигуры указаны Добрэ, как фигуры очень тонкие (Daubrée, 1877, стр. 483; 1879, стр. 531), — опять без рисунков. Другие исследователи, например Мёнье (Meunier, 1884, стр. 103; Derby, 1888, стр. 6), отрицают их существование. Несколько больше аналогия земного (Fe, Ni) с кубическим типом метеоритного железа — ср. для октиббегита Brzesina, 1885, стр. 203. О видманштедтовых фигурах в искусственном железе (без Ni) см. Беляев, 1909, стр. 26. О строении метеоритов см. еще S. Smith, 1908, стр. 23 и сл. О строении тэнита см. S. Smith, 1908, стр. 73—74.

[4] Является благоразумным не переносить целиком на природное железо результаты изучения строения метеоритов или искусственных никелистых продуктов, ибо состав и условия образования природного Fe-Ni, метеоритов, искусственных сплавов очень различны. О строении метеоритов см. Cohen, 1894; Brzesina u. Cohen, 1905; Rinne, 1905. О строении искусственных тел см. Rinne, 1905; Горбов, 1907, стр. 687 и сл. (здесь литература); Guillet, 1903 (1), стр. 658; 1903 (2), стр. 208 и т. д.; Беляев, 1909.

[5] Daubrée, 1879, стр. 529.

[6] При растворении «джозефинита» (§ 50) остается скелет белого серпентинового минерала, сохраняющий форму кусочка железа (по указанию К. А. Ненадкевича). Ср. Jamieson, 1905, стр. 157.

[7] Для феррита или камасита из оз. Роланг в Норра-Ведбо в Швеции см. Bahr, 1851 (1), стр. 197. Для феррита из оз. Гурон в Онтарио см. G. Hoffmann, 1890 (2), стр. 40. Для Борнео см. Cretier, 1883, стр. 200. О строении природного феррита (из базальта Веймар у Касселя) — Oebbecke u. Schwarz, 1920, стр. 505.

заметить древовидное строение[1]. В других случаях (некоторые ра
гренландского железа) оно образует тонкие пластинки, до 0,5 мм м
стью, рассеянные среди силикатов[2] (рис. 4).

47. Разнообразные физические свойства химически чистого ж
изучены чрезвычайно тщательно, но немногие из них измерены для
родного минерала. Не приводя здесь свойств химически чистого жел

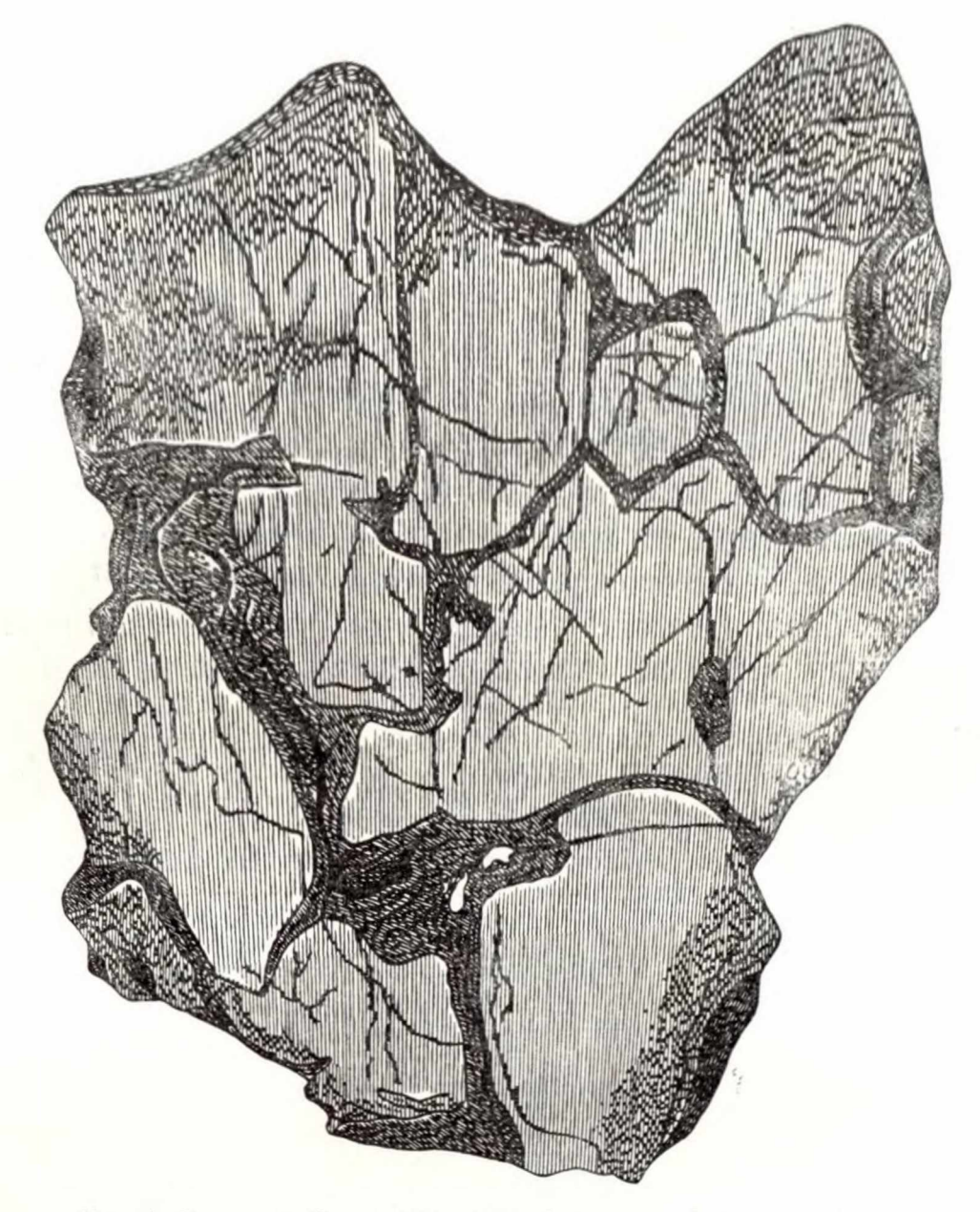


Рис. 1. Тэнит из Санта-Катарины, Бразилия. Светлое — тэнит, более темный цемент — пирротин или троилит.

По Мёнье, 1884

которые могут быть найдены во всякой большой химии, отметим только некоторые наиболее характерные его признаки, имеющие значение в кусках природного минерала.

Для разностей α- и γ-железа легко получаются двойники по {111} и, благодаря давлению, вызываются трансляции (особенно для γ-Fe) и скольжения. Судя по изучению искусственного железа, надо ждать многочисленных проявлений этих свойств для земного (Fe, Ni).

Спайность, очень совершенная, идет всегда по кубу[3]. В свежем изломе железо обладает металлическим блеском, причем различ-

[1] О дендритовом строении см. L. Smith, 1884, стр. 556.
[2] Brzesina, 1885, стр. 203.
[3] См. любопытные указания о явлениях скольжения, спайности, двойников, вытравления и т. д. кристаллов искусственного α-, β-и γ-железа у Osmond et Cartaud, 1906 (2).

ные его разности дают неодинаковые оттенки серого цвета; так, например, тэниты по цвету приближаются к олову, октиббегиты дают более темные оттенки (можно сравнить с серебром). Все эти цвета быстро темнеют на воздухе; порошок всех их — черного цвета.

Железо, богатое углеродом, а также водородом, долго удерживает свои магнитные свойства, и, может быть, этим определяется значение газов в никелистых разностях железа. Химически чистое железо, как известно, не обладает способностью задерживать магнетизм.

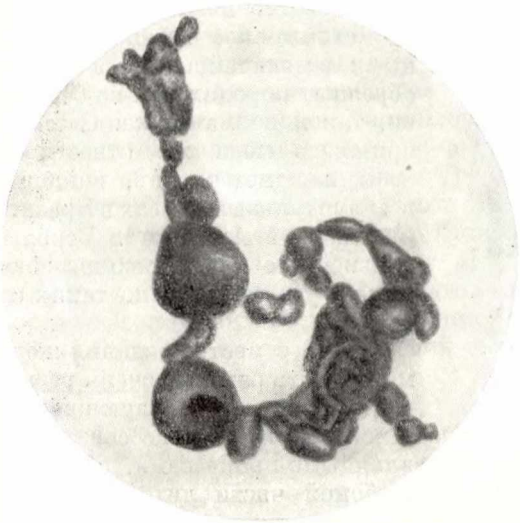


Рис. 2. Феррит с о-ва Иосифа на Гуронском озере, Канада. ×25.

По Гофману, 1896

Рис. 3. Камасит и феррит из Уифака. 2/5. Отшлифованная поверхность.

По Фалену, 1903

Очень важное значение имеет удельный вес. Удельный вес химически чистого α-железа 7,84; вес природных разностей сильно колеблется в зависимости от заключающихся в них примесей (газов, углерода, графита и т. п.). Можно сказать, что удельный вес природного самородного железа колеблется от 7,0 до 8,0, редко спускаясь ниже 7,0; огромная масса его разностей имеет удельный вес 7,7—7,8, причем аваруиты доходят до 8,1[1]; чистый тэнит (катаринит) из Санта-Катарины — 7,75[2].

48. Нахождение в земной коре. Долгое время самородное железо считалось редким минералом, и даже шел спор о том, образуется ли оно в земной коре естественными реакциями или нет[3]. Лишь в 1852 г. Эндрюс[4] химическим путем доказал, что самородное железо в виде мельчайшей, микроскопически мелкой пыли рассеяно в магме базальтов в юго-западной Ирландии, в горах Слив-Миш, на севере ее — в графстве Антрим, в Мейден-Рок и т. д., в трахитах Оверни. Он нашел, что

[1] См. Skey, 1885, стр. 401.
[2] Guignet et Osorio de Almeida, 1876, стр. 917.
[3] См. исторический очерк у C. Hintze, I, 1898, стр. 152.
[4] T. Andrews, 1853 (1), стр. 34.

порошки этих пород выделяют медь из водного раствора медного купороса, что указывает на присутствие металлического железа. Наконец, в 1870 г. А. Норденшельд[1] нашел на южном берегу о-ва Диско (Гренландия) огромные скопления камасита и феррита, которые он считал метеоритами[2]. Уже тогда его спутник Наукгофф нашел их рассеянными в базальте, но не обратил на это должного внимания. Позже датский ученый Стееструп[3], тщательно изучив геологию о-ва Диско, неопровержимо доказал их земное происхождение, найдя их рассеянными в мельчайшем виде в разнообразных породах как на о-ве Диско, так и на материке. С тех пор пришлось сюда же отнести еще несколько метеоритов, найденных в значительных массах в Бразилии и Северной Америке[4]. Вероятно, дальнейшие исследования значительно увеличат число таких случаев[5].

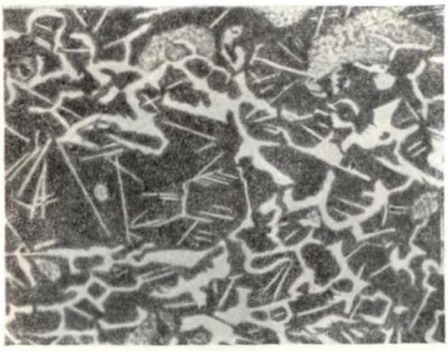


Рис. 4. Феррит и камасит из Уифака.

Черное — силикаты и алюмосиликаты; серое — пирротин; белое — железо. × 9. По Бржезине, 1885

49. Все месторождения железа могут быть разбиты очень резко на два класса: на образующиеся на земной поверхности под влиянием восстановительных процессов и на выделение самородного железа в связи с различными процессами, идущими в силикатовых магмах, повидимому в глубокой части литосферы (§ 53). Тэнит и октиббегит образуются исключительно этим последним путем, тогда как феррит (может быть, иногда камасит) выделяется и тем и другим способом.

Выделение железа путем восстановления его из химических соединений — кислородных и сернистых — идет при довольно исключительных обстоятельствах. Нельзя, однако, отрицать, что иногда наблюдаются значительные скопления этого минерала на земной поверхности, образовавшиеся

---

[1] A. Nordenskiöld, 1870 (1), стр. 1058 и сл. Ср. Nauckhoff, 1874, стр. 112 и сл.; Nordström, 1871, стр. 462.

[2] Такие метеориты уже давно указывались вдоль западного берега Гренландии — от южных ее пределов (около Дэвисова пролива) до окрестностей Упернивика. Их находили Росс и Кэнс, Ринк и другие в первой половине XIX столетия. Рудольф нашел в балласте корабля, прибывшего из Диско, кусок железа, вызвавший тщательное исследование местности Норденшельдом (A. Nordenskiöld, 1870 (1), стр. 1069).

[3] Steenstrup, 1875, стр. 289 и сл. Ср. L. Smith, 1879, стр. 453. Со слов туземцев, на нахождение самородного железа в породах указывал уже Росс (J. Ross, 1820, стр. 52).

[4] Санта-Катарина и Октиббега; литературу см. Cohen, 1894, стр. 111; Wülfing, 1897.

[5] Чрезвычайно любопытно железо, содержащее борт и алмаз, — так называемый «метеорит из Каньон-Диабло». Огромные количества этого железа были найдены на горе Кун, или Кун-Бьютт, в Аризоне. Некоторые исследователи считают его железом земного происхождения (см. Lapparent, 1906, стр. 666). Коген, который вначале считал его земным (Cohen, 1894, стр. 144), в конце концов отнес его к метеоритам (1903 и 1905). На этом теле, благодаря работам Муассана и других, основываются наши современные представления о метеоритном железе. Поэтому, если подтвердится его земное происхождение, то наши знания о земном железе-никеле получат огромное приращение. Как указал Джильберт (Gilbert, 1893, стр. 187), если это железо земного происхождения, то придется допустить для него особый способ проис-

этим путем; так, кремнистые сланцы Борнео в бассейне р. Сикаяма содержат, по Кретье, 2,86% металлического самородного железа[1]. Точно так же на значительном протяжении встречен феррит в каменноугольных песчаниках и глинах в графстве Клинтон и других местах Миссури[2]. в конкрециях лимонита около Хотцена в Чехии[3], в железистом конгломерате в Итабира-до-Матто-Дентро в Минас-Жераис в Бразилии, в виде тонких листочков[4] и т. д.

Процесс, вызвавший выделение самородного железа, не вполне выяснен, не всегда точно известны даже те минералы, из которых оно может выпасть; известно, что оно выделяется из серного колчедана[5], лимонита[6], магнитного колчедана[7], сидерита[8]. Причина такого резкого процесса восстановления неизвестна, обыкновенно ее ищут в действии органического вещества благодаря гниению организмов или во время пожаров каменноугольных залежей[9] и т. п. Но восстановительные процессы этого рода далеко не всюду могут иметь место и не могут объяснить всех случаев. Выделение железа из конкреций лимонита, может быть, иногда находится в связи с распадением марказита (FeS_2), из которого нередко образовались эти конкреции и который часто богат органическими веществами[10]. Некоторые исследователи допускали при этом действие медленных гальванических токов[11].

В общей истории земной коры самородное железо такого типа относительно редко. Это видно из условий нахождения его в минералогически

хождения — во взрывчатых диатремах. аналогично генезису алмаза и теллуристых соединений золота. Теория Джильберта встретила в последнее время сильные возражения со стороны Барринджера и Тилгмена, собравших огромный материал наблюдений. По их мнению, сама гора Кун образовалась вследствие падения на Землю в этом месте огромного метеорита. Факты, ими собранные, очень интересны, но окончательного решения загадки не дают. — См. Barringer, 1906, стр. 861 и сл.; Tilghman, 1906, стр. 887 и сл. Железо из Кун-Бьютт вызвало целую литературу, но вопрос остался все-таки не окончательно выясненным. См. Fairchild, 1907, стр. 493 (считает метеоритом); Merrill, 1908. стр. 461; Darton, 1910, стр. 72 (склоняется к заключению, что это диатрема); E. Thomson, 1912, стр. 721. См. о Кун-Бьютт любопытные замечания Кейса (Keyes, 1910 (2), стр. 131 и сл.), который считает нахождение метеоритов не связанным с горой Кун.

[1] Cretier, 1884, стр. 200.

[2] См. Allen, 1897, стр. 99 и сл.

[3] Reuss, 1857, стр. 545 и сл.

[4] Eschwege, 1833, стр. 582—583.

[5] Reuss, 1857, стр. 549. Может быть, таково же происхождение железа (без Ni и Co) в кейпере около Мюльгаузена; см. Bornemann, 1853, стр. 148. О самородном железе в сернистом железе из Америки см. Proust, 1805, стр. 272.

[6] Kenngott, 1856—1858, стр. 157; Reuss, 1857, стр. 548—549; G. Hoffmann, 1890 (2), стр. 39 (Канада); Еремеев, 1893, стр. 445.

[7] Сидоренко, 1903, стр. 78. Может быть, сюда же должны быть отнесены некоторые так называемые метеориты из Мексики, например, метеорит из Хильпанцинго, по указанию дель Кастильо, был найден в массе пирротина и халькопирита в глинистом сланце; см. Burkart, 1866, стр. 402. Этим путем может образовываться камасит, ср. § 59. К сожалению, анализы отсутствуют.

[8] Dana, 1892, стр. 29 (при каменноугольном пожаре — Северный Саскачеван, Альберта). О железе из сидерита см. Tyrrell, 1887, стр. 73. Железо здесь вторичного происхождения из желваков сидерита в слоях лигнита, подвергшегося пожару.

[9] Впервые такое железо (самородный чугун) было найдено Моссье и описано Годон Сен-Меменом (см. Godon Saint Memin, 1805, стр. 340 и сл.).

[10] См. разные примеры вторичного самородного железа у J. Roth, 1879, стр. 234; Zirkel, 1894 (1), стр. 894; C. Hintze, 1898, I, стр. 161 и сл. Сверх того — Beckenkamp, 1903, стр. 51.

[11] Bahr, 1851 (1), стр. 202 — для железа в дереве из пловучего острова на оз. Роланг в окрестностях Норра-Ведбо в Швеции.

точно изученных участках земной коры, например в Австро-Венгрии; мы наблюдаем здесь его, в конце концов, как минералогическую редкость.

Нельзя, однако, не заметить, что тело это очень мало бросается в глаза и на поверхности сильно изменяется. В то же время привыкли считать всякое железо, находимое на Земле, искусственным продуктом.

Очень возможно, что в почвах и самых наружных покровах земной коры, в мелких пылинках, оно образуется нередко и оттуда попадает в атмосферу (§ 58).

50. С гораздо большей доказательностью можно теперь утверждать значительную распространенность железа в массивных породах. Лишь малая изученность природных химических процессов не дозволяет нам дать полную картину его значения и распространения в земной коре. Но по мере накопления материала все точнее выясняется, что самородное железо-никель является обычным и очень важным и распространенным продуктом, связанным с некоторыми процессами застывания магм в земной коре. Феррит или камасит, бедный никелем [1], обычны в основных базальтовых породах — как эффузивных, так и дайках, иногда даже средних. Так, они найдены в Саксонии (в нефелиновом базальте около Аннаберга) [2], на Волыни (анамезиты или пироксеновые порфириты около Ровно) [3], в Ирландии (базальты около Антрима и др.) [4], Чехии (разнообразные базальты [5]), Героне (ряд местностей, все свежие базальты) [6], в Гренландии (разнообразные и многочисленные базальтовые породы, энстатитовый андезит и т. д.; см. § 48, 51—52), в Западной Шотландии (габбро) [7], Нью-Гемпшире (гора Вашингтон, в долерите) [8], в базальте вблизи Касселя (феррит без Ni) [9], в базальтовом туфе в Гессене [10], в базальтах Нью-Джерси [11], Аризоны [12], Ван-Дименовой Земли [12] и др.

Самородное железо найдено также в оливиновом базальте Северной Калифорнии, в саксоните Риддлс в Орегоне, в перидотите Эллио, Кентукки (из многих сотен образцов только в шести [13]); в офите из Виллафранки [14].

Если принять во внимание случайность этих наблюдений и отсутствие проб на (Fe, Ni) при обычных петрографических исследованиях, распространенность железа в базальтовых породах сделается совершенно ясной.

Богатые никелем разности, самородный никель (октиббегит и аваруит) в базальтовых породах не наблюдались, а встречены в еще более основных породах — перидотитах; так, они указаны в серпентинах (образовавшихся из перидотита) Новой Зеландии (Ред-Хиллс), Орегона, повидимому Норвегии [15] и др.

[1] Кроме гренландских (из Асука — см. § 51), анализа этих зерен нет. Однако на бедность никелем указывает метод, применяемый при исследовании, т. е. восстановление подкисленного раствора медного купороса. Октиббегит и аваруит «пассивны» даже в таких условиях.

[2] Roth, 1865, стр. 600, по данным Пагельса.

[3] А. Карпинский, 1873, стр. 22 и сл.; 1888, стр. 76; Pfaffius, 1886, стр. 40.

[4] T. Andrews, 1853 (1), стр. 34; 1853 (2), стр. 325.

[5] Reuss, 1857, стр. 545.

[6] Navarro, 1904, стр. 431.

[7] Geikie, 1903, стр. 93, — по указанию Беканана.

[8] Hawes, 1877, стр. 33.

[9] Hornstein, 1907, стр. 276.

[10] Schwantke, 1901, стр. 66.

[11] Cook, 1874, стр. 56.

[12] L. Smith, 1875, стр. 1167.

[13] G. Becker, 1909.

[14] Gautier, 1901, стр. 934.

[15] Не вполне уверенное указание об этом дает Джедд; см. Judd, 1890, стр. 632.

Аварурит наблюдался в россыпях вместе с платиной в Калифорнии, Новой Зеландии[1], Орегоне[2] и Британской Колумбии[3].

Поспешно было бы заключить отсюда, что самородное железо может встречаться исключительно в основных и средних массивных породах; оно может образовываться и в кислых; так, например, в Шотландии его встретили в гранитах, внутри зерен хромсодержащего магнетита[4]. Лакруа[5] во Франции описал блестки не содержащего никель железа в продуктах разрушения гранитного массива Эшасьер, около Алье. Было указано самородное железо в пегматите из Камерона в Онтарио[6]. Но эти случаи кажутся нам теперь совершенно исключительными. Однако вопрос этот заслуживает серьезного внимания по отношению к шлирам и пегматитовым жилам гранитных массивов[7].

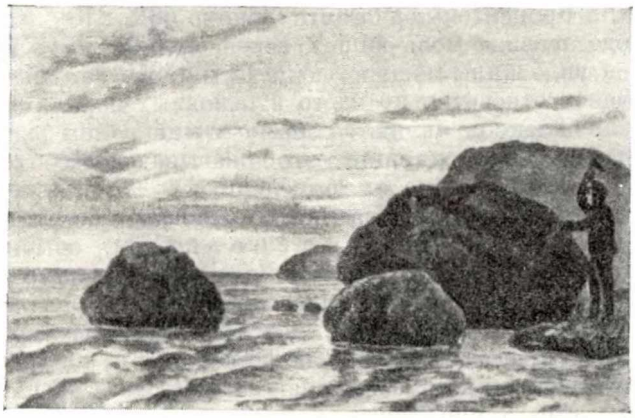


Рис. 5. Три больших куска породы с о-ва Диско, состоящие более чем на $^1/_2$ или $^2/_3$ из (Fe, Ni); результат выветривания коренных пород

По Норденшельду.

51. Во всех этих месторождениях железо главным образом встречается в микроскопически мелких зернах, не видных или почти не видных глазу, хотя и составляющих заметный процент всей породы, например в анамезитах из Ровно. Но в Гренландии и на близких к ней островах — Диско и др. (§ 48) найдены огромные количества железа в связи со средними и основными породами[8]. Здесь железо встречается на огромном протяжении в базальтовых породах и дайках между 69 и 76° с. ш. На севере породы прикрыты льдом и конец их выходов неизвестен[9]. Оно находится здесь частью

[1] Ulrich, 1890, стр. 619 и сл.

[2] Melville, 1892, стр. 509, — так называемый джозефинит; найден в россыпях, in situ не наблюдался.

[3] Farquharson, 1911, стр. 451.

[4] Heddle, 1901, стр. 13. Главным образом в песках в Дейб-Берн на о-ве Унст (Шетландские острова), в Сутерленде и пр.

[5] Lacroix, 1897, стр. 392.

[6] G. Hoffmann, 1896, стр. 23.

[7] Может быть, таково происхождение Fe в церите из Бастнес в Норвегии (в гнейсе); см. Demarçay, 1833; стр. 402. Берцелиус его в церите не нашел (Berzelius, 1836, стр. 214).

[8] Породы эти, обычно относимые к базальтам (железный базальт авторов), по структуре ближе к диабазам. См. Schwantke, 1906, стр. 860.

[9] Böggild, 1905, стр. 17 и сл.

в мельчайшем порошковатом виде, частью в виде значительных зерен или кусков иногда до 40 кг весом[1]. Местами в породах этих железо образует скопления, и при выветривании куски, богатые железом, резко выделяются на фоне разрушающегося базальта. Таковы большие куски так называемого метеоритного железа, которые были найдены на берегу о-ва Диско и привезены в Европу Норденшельдом (рис. 5). Порода, заключающая железо, должна быть отнесена к базальтам; она содержит оригинальные шаровые включения графита с анортитом, гизингерит, когенит, пирротин, шрейберсит, шпинель[2]. Железо из Уифака и некоторых других мест Гренландии содержит 1,5—6,5% Ni. Но наряду с ним наблюдается и очень бедное никелем железо (0,3—0,4%), образовавшееся аналогичным образом. Таково впервые встреченное в породе и решившее вопрос о земном происхождении этого железа[3], — железо около Асука, в окр. Ритенбек, в бронзитовых андезитах (около 56% SiO_2). Здесь оно рассеяно в породе в виде мельчайших зерен, от 0,02 до 18 мм диаметром. Этот андезит в виде жилы мощностью до 15 м прорезает обычный базальт.

52. Встречаясь относительно часто в основных породах разного типа, железо и никель далеко не являются обычным минералом бедных кремнием магм. Наблюдение и опыт одинаково это доказывают. Необходимы особые условия, благоприятствующие их выделению.

Насколько можно судить, базальтовые породы, богатые самородным железом, бедны оливином[4] и магнетитом, обычными минералами этих магм, и весьма вероятно, что самородное железо заменяет магнетит, т. е. образуется при особых условиях застывания базальтовой магмы, вызывающих полное восстановление железа[5]. Как известно, образование магнетита в магме представляет довольно сложный процесс; в оливиновых базальтах он происходит за счет оливина в более высоких частях литосферы[6]. Очень характерно также нахождение в «железных базальтах» Гренландии (§ 51) графита, обычно в базальтах не наблюдаемого.

Возможно, что процесс раскисления соединений железа все увеличивается с увеличением давления и температуры и что в магматической области земной коры все кислородные соединения железа разрушены и устойчивой формой является самородное железо. Шварц[7], принимающий эту гипотезу, приписывает в ходе данного процесса некоторую роль магнитным силам гипотетического железного ядра земного шара.

В обычных условиях железо не выделяется в самородном состоянии из силикатовых магм. Если оно не входит в соединение с кремнеземом или серой, оно выпадает в форме солей окиси железа, титана или алюминия — магнетита, хромита, титанистого железняка, шпинелей. Никель обычно выпадает в виде силикатов или в соединении с серой.

Опыты Добрэ, Фуке и Мишель-Леви показывают, что железо выделяется из силикатовых магм в свободном состоянии лишь в присутствии боль-

[1] Образцы Венского Национального музея, по любезному указанию проф. Берверта, — до 41 кг весом.

[2] Об этом месторождении см. литературу в § 48; сверх того, Schwantke, 1906, стр. 853 и сл.

[3] Steenstrup, 1875, стр. 296 и сл.; Böggild, 1905, стр. 15. См. § 42.

[4] Schwantke, 1906, стр. 856.

[5] Не совсем ясна роль никеля. Может быть, его нахождение в магме вызывает это изменение в характере выпадения железа (см. § 53—о карбонильных производных). Анализы магнетитов редко дают никель, но, может быть, это зависит от того, что его там обычно не ищут (ср. ниже — магнетит).

[6] Магнетит в магмах часто образуется взаимодействием летучих соединений. Об этом см. ниже, в главе о магнетите.

[7] Schwarz, 1910 (1), стр. 115 и сл.

шого количества углеродистых тел. Уже Клапрот[1] нашел, что графитовый тигель, в котором он сплавлял базальт, покрывался корольками железа. Позже Бишоф[2] и Добрэ[3], сплавляя в тигле основные породы — базальты и перидотиты — в присутствии угля, получили свободное железо в силикатовом стекле. Фуке и Мишель-Леви[4] сделали еще более убедительный опыт; они получили сперва искусственно базальтовую породу с магнетитом ($FeFe_2O_4$); пропустив через нее при красном калении светильный газ, они превратили весь магнетит в металлическое железо.

Однако вполне вероятно образование железа в силикатовых магмах и при отсутствии в них соединений углерода. Очень возможно, что в том же направлении действует водород, обычный и важный спутник магм. К сожалению, точные и прямые опыты в этом направлении отсутствуют. Мы имеем лишь косвенные указания в опытах Мёнье[5], который получил сплавы железа-никеля при температуре ниже плавления оливина. При этом в присутствии CO получается (Fe, Ni), богатый углеродом. Можно думать, что реакция не изменилась бы и при температуре плавления оливина.

53. Очевидно, для выделения свободного железа-никеля в магмах вместо обычных их кислородных или сернистых соединений необходимы особые условия. Какие из них действовали в природе, трудно в настоящее время сказать с уверенностью, ибо более точно изучен всего один случай— железо Гренландии. Для него высказано много гипотез[6].

Распространенность выделения железа в базальтах в разных местах земной коры заставляет отбросить при объяснении его генезиса действие м е с т н ы х причин. Оставив такие толкования в стороне, мы имеем два разных объяснения этого явления. В одном случае принимается существование магмы, поглотившей вследствие тех или иных причин значительное количество углерода, например в случае базальтов, пересекших при своем выходе на земную поверхность породы, богатые органическими остатками, например, залежи лигнита, каменного угля, графита и тому подобных веществ. Такова гипотеза, которая была высказана для Гренландии уже Смитом в 1878 г.[7] Очевидно, эта гипотеза легко может быть применена ко всем аналогичным случаям. К ней близка гипотеза Винклера[8], допускавшего происхождение (Fe, Ni) разложением их летучих соединений, находящихся в магме, карбонилов железа и никеля, присутствие которых в природе в иных случаях весьма вероятно и которые могут образовываться при относительно низкой температуре[9].

Совершенно в стороне стоит другая гипотеза, которая была высказана по отношению к природному железу Добрэ и позже развита многими учеными[10]. Она стоит в тесной связи с господствующими в научной среде кос-

---

[1] K l a p r o t h, 1795, стр. 6—7.
[2] B i s c h o f, 2 Aufl., III, 1866, стр. 379.
[3] D a u b r é e, 1866 (1), стр. 392; 1866 (2), стр. 673; 1879, стр. 517 и сл.
[4] F o u q u é e t M i c h e l-L e v y, 1884.
[5] M e u n i e r, 1884, стр. 323; 1879, стр. 924.
[6] Главнейшие см. у C. H i n t z e, I, 1898, стр. 165. О нахождении железа в земной коре см. еще H a u g, 1908, стр. 329, 341.
[7] L. S m i t h, 1878, стр. 91; 1879, стр. 504.
[8] W i n k l e r, 1900, стр. 15. На реакции, связанные с действием CO на железо, для объяснения генезиса железа в магмах уже обратили внимание Добрэ (D a u b r é e, 1879, стр. 575) и Мёнье (M e u n i e r, 1879, стр. 924).
[9] См. ниже, в главе о графите.
[10] D a u b r é e, 1866 (1), стр. 414; 1879, стр. 539 и сл.; 1888, стр. 190 и сл.; M e u n i e r, 1904 (первое издание в 1870 г.); 1884, стр. 395; W i e c h e r t, 1897, стр. 230; E. B a u r, 1903, стр. 50 и сл.; T h i e n e, 1907, стр. 37—38.

могоническими верованиями, хотя едва ли имеет прочную опору в фактах[1]. Она тесно связана со схематическими представлениями о земной коре как о «всеобщей окалине»[2]. По этой гипотезе внутренность Земли состоит из свободных металлов, а земная кора является их окалиной, образовавшейся вследствие их окисления. Эта идея возникла благодаря работам Дэви над щелочными металлами, которые, по мнению этого оригинального ученого, находятся в свободном состоянии внутри земного шара. Следуя по этому пути, Де ля Беш и Эли де Бомон перенесли туда все металлы, окислы которых находятся на земной поверхности, и, наконец, Добрэ[3], по аналогии с метеоритами, предположил, что земное ядро состоит главным образом из (Fe, Ni) и имеет тот же состав, который открывается нам в метеоритах. Согласно этим воззрениям, метеориты представляют осколки внутренних частей какого-то или каких-то планетных тел, аналогичных Земле. Основные породы, заключающие (Fe, Ni), проникли к земной поверхности из самых глубоких слоев Земли или захватили куски глубинных пород (железо-никель) и вынесли их на поверхность. Редкое и неважное в наружных слоях земной коры, по этой гипотезе, самородное железо является в действительности самым характерным минералом, строящим наш земной шар и господствующим в его внутренних частях.

Но все, иногда изящные и стройные аналогии, на которых построена эта гипотеза, бледнеют при прикосновении научной критики. Породы метеоритов имеют не много общего с теми породами, в каких на Земле находится (Fe,Ni)[4]. Самый характер метеоритного железа-никеля резко отличен от земных минералов. Оригинальные срастания тэнита, камасита и плессита, которые характерны для многих метеоритов и дают при вытравлении азотной кислотой видманштедтовы фигуры, никогда не наблюдались в ясном виде для земного железа (§ 45). С другой стороны, обычные на Земле феррит и октиббегит ни разу не были с несомненностью встречены в чистом виде в метеоритах. Планетное происхождение метеоритов не доказано и характерное для них хондровое строение указывает на условия, резко отличные от условий застывания магм, мыслимых в земных глубинах[4]. Одно из многочисленных порождений кант-лапласовой гипотезы — эти теоретические предположения должны быть оставлены в стороне при пробе их точным мерилом фактов[5]. Наконец, изучение базальтовых пород Гренландии ясно указывает, что (Fe, Ni) не являются древнейшими выделениями магмы, а выпали после образования оливина[6].

54. Самородное железо в атмосферной пыли и на дне океанов. До сих пор является невыясненным нахождение самородного железа в атмосферной пыли и на дне океанов. Обыкновенно его принимают за железо космического происхождения, однако это мнение является пока простой гипотезой, не подкрепленной точными фактами. Гипотеза эта, весьма вероятная для одной части этого железа, не в состоянии объяснить всех наблюдаемых случаев.

---

[1] Вихерт (Wiechert, 1897) пытался стать на более прочную почву и доказал, что эта гипотеза вполне отвечает удельному весу нашей планеты.

[2] Ср., например, Elie de Beaumont, 1847, стр. 1326.

[3] Историческая преемственность идей прекрасно выяснена самим Добрэ (Daubrée, 1866 (1), стр. 413).

[4] Cohen, 1903, стр 68—69. Ср. замечания у Klein, 1906, стр. 37.

[5] Любопытно, что гипотеза о строении земного ядра из железа выдвигалась и раньше, в связи с представлениями о причине вулканических извержений как следствии самовозгорания пирита, — гипотезе, выдвинутой Лемери. Кант в 1756 г. считал возможным, что ядро земного шара составлено из металлического железа или магнетита, а причину вулканической деятельности видел в проникновении воды внутрь Земли и в ее соприкосновении с раскаленным железным ядром (Kant, 1902, стр. 423, 470—471).

[6] Schwantke, 1906, стр. 857.

Нахождение самородного железа в атмосфере было констатировано уже давно. Раньше всего оно замечено было внутри некоторых градин и выпадающим в снеге. Первые наблюдения, в виде единичных случаев, были сделаны еще в начале XIX столетия. Внутри градин, выпавших в 1834 г. около Падуи, было констатировано Козари нахождение железа и никеля[1]. Однако лишь в 1870-х годах этот вопрос вновь возбудил к себе внимание, когда Норденшельд[2] нашел металлическое железо в виде чрезвычайно мелких зерен в снеге и граде, выпавшем в разных местах Швеции и Финляндии, и связал их с аналогичным нахождением его в атмосферной пыли. Он возбудил к ним еще большее внимание приложениями к космогонии (§ 60). В этом железе Норденшельд мог доказать присутствие кобальта и, повидимому, никеля. Наблюдения Норденшельда были подтверждены для разных местностей[3], и мы можем, не предрешая происхождения этого железа, считать точно констатированным нахождение иногда металлического железа, содержащего Ni, в дожде, снеге или граде[4]. Но, помимо железа, в градинах встречаются другие твердые тела несомненно земного происхождения. При этом вместе и одновременно с железом выпадали вещества земного происхождения — нередко низшие организмы и органические остатки. Происхождение этого железа неясно и может быть очень различно в разных случаях.

55. В тесной связи с железом в осадках находится его присутствие в атмосферной пыли. Пыль несомненно космического происхождения выпадает во время падения аэролитов. Нередко сами аэролиты рассыпаются в мельчайшую пыль. Нет ничего удивительного поэтому, если в ней будут находиться частички железа. И такие наблюдения были сделаны уже давно; так, еще в 1737 г. Заниккели заметил, что пыль, выпавшая на Адриатическом море, притягивается магнитом[5]. Из позднейших наблюдений обратили на себя внимание работы Эренберга, констатировавшего пылинки, богатые железом, в виде мелких черных магнитных полых шариков, упавших в 1858 г. в пыли Индийского океана, химическая принадлежность которых к самородному железу не была, однако, точно доказана[6].

Но эти наблюдения касались единичных случаев. Лишь в 1870-х годах вопрос о железе в атмосферной пыли был поставлен во всей широте, не как о случайном, а как об обычном и важном явлении в жизни нашей планеты.

Норденшельд в 1873 г. нашел на большом протяжении в безлюдных местностях Гренландии, на снегу, отложения пыли мощностью 0,1—1 мм, частью несомненно земного происхождения, частью, может быть, космической, названной им криоконитом. В этой пыли Норденшельд мог обнаружить присутствие мелких зерен металлического железа вместе с большим количеством магнетита; в притягиваемой магнитом части ему)

[1] Baumhauer, 1845, стр. 463; 1872, стр. 678. Работа Козари (Cosari, 1834, была мне недоступна. Очень часто указываемый случай града в Майо, в Ирландии в 1821 г. сомнителен. Ср. Pictet, 1822, стр. 436.

[2] A. Nordenskiöld, 1874 (2), стр. 156 и сл.

[3] Flögel, 1881, стр. 321; Silvestri, 1880, стр. 165; Lasaulx, 1880, стр. 507.

[4] Обращаясь к таким явлениям, наблюдавшимся на территории России, можно отметить дождь 30.X.1881 г. в Енисейске, давший, по Марксу, порошок, содержащий Fe, Co, Ni (A. Nordenskiöld, 1885, стр. 159). Железо, выпавшее в граде в Демблине, около Ивангорода в Царстве Польском, 18.IV. 1897 г., содержало, по анализу Г. Черника, «неясные следы» Ni и Co. См. о нем А. Карпинский, 1902, стр. 20.

[5] Arago, 1857, стр. 212.

[6] Эти шарики могли состоять и из магнетита. О них см. Ehrenberg, 1858, стр. 6; 1872, стр. 118, 148. Эти тела одними признавались земного происхождения (Розе, Эренберг), другими — космического. Ср. Reichenbach, 1859 (1), стр. 478 и сл.; Mohr, 1875, стр. 275.

удалось доказать присутствие Co, Ni и P[1]. Но в этой пыли количество железа ничтожно — в огромном большинстве случаев все попытки найти вновь в криоконит крупинки железа были неудачны[2]. Оно находится в пыли очень редко и в столь ничтожных количествах, что не может считаться характерной принадлежностью криоконита. Однако в атмосфере, в пыли, плавающей в ней, постоянно находятся мелкие магнитные пылинки в виде шариков и неправильной формы кусочков, от 0,01 до 0,02 мм диаметром, состоящие из железа или им богатые[3]. Эти пылинки имеют иногда совершенно правильную круглую форму (рис. 6) и содержат Ni[4]. Они найдены всюду, но их генезис до сих пор нам совершенно неясен (§ 58). Железные частицы обычны в песчаных пустынях, например, очень обычны на высоких равнинах сухого Мексиканского плоскогорья, в почвах, очень далеких и от гор и от выходов изверженных пород[5].

Рис. 6. Железо из пыли с колокольни церкви Сен-Пьер в Женеве. ×200.

По Юнгу, 1877

56. Почти одновременно с возбуждением внимания к этим вопросам Норденшельдом было открыто металлическое железо, частью в виде неправильных пылинок, частью в виде микроскопических шаровых конкреций (но редко больше 0,2 мм) на дне океанов, в глубинных отложениях[6]. Шарики металлического железа частью находились включенными в конкреции вада на дне океана (рис. 7), частью — включенными в кусочки пемзы, частью находились в свободном состоянии в красном глубинном иле южных и центральных частей Тихого океана. Снаружи эти мелкие шарики железа покрыты тонкой коркой магнитной окиси железа. Железо ковко и большей частью покрывается налетом Cu при действии подкисленного раствора $CuSO_4$. Это указывает (§ 64) на бедность этого железа никелем. Есть, однако, случаи очень пассивного отношения этих пластинок к действию раствора медного купороса, хотя пластинки остаются вполне ковкими. Вероятно, мы имеем здесь дело с о к т и б б е г и т о м или анало-

---

[1] A. N o r d e n s k i ö l d, 1873, стр. 187, 464; 1874 (1), стр. 237; 1885, стр. 165; 1886, стр. 198 и сл.; 1894, стр. 215.

[2] Так, его не нашли ни Лоренцен, ни Камерландер, ни Вюльфинг, ни Циркель. См. L o r e n z e n, 1884, стр. 190; C a m e r l a n d e r, 1888, стр. 294; W ü l f i n g, 1891, стр. 152; Z i r k e l, 1894 (2), стр. 782—783. Позже сам Норденшельд (1894, стр. 216) говорил о характере этой пыли, в смысле нахождения в ней железа, менее уверенно. В ничтожном количестве Fe найдено во льду Гималаев — см. S h u s t e r, 1884, стр. 127.

[3] K e y e s, 1910 (2), стр. 146.

[4] О нахождении его в криоконите и в атмосферной пыли см. L a s a u l x, 1881, стр 521; T a c c h i n i, 1882, стр. 135; T i s s a n d i e r, 1877, стр. 33, 51; Y u n g, 1877, стр.493 и др.; R a n y a r d, 1879, стр. 163. О нахождении железа в пыли см. еще L i v e r s i d g e, 1903, стр. 246 и сл. Это железо давало ясную реакцию на кобальт. О пыли с Монакского собора, содержащей космические частицы, см. T h o u l e t, 1911. По Фаррингтону (F a r r i n g t o n, 1915), количество железа, ежегодно падающего с пылью на Землю,составляет 36 500 т.По Мерриллу (M e r r i l l, 1919(1))—до 10 000 т. По Мерриллу (1919 (2), стр. 37), металлическое железо — 5% падений, а с содержанием 25—50% Fe — 16% падений.

[5] K e y e s, 1910(2), стр, 146.

[6] M u r r a y, 1878, стр. 258; M u r r a y a. R e n a r d, 1891, стр. 327 и сл.

гичным, богатым кобальтом соединением[1]. В этих шариках найдено небольшое количество кобальта.

Эти мелкие выделения железа рассеяны в красном глубинном иле в заметном количестве, отсутствуя в других отложениях[2]. Характер красного глубинного ила, покрывающего тонким слоем все глубокие части океана, как известно, во многом загадочен, но весьма вероятно, что он произошел распадением основного палагонитового туфа. Нельзя не отметить

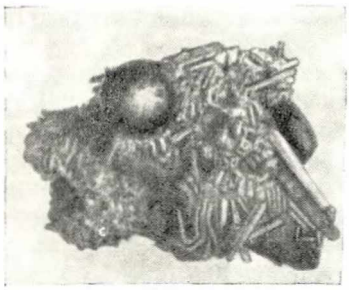


Рис. 7.

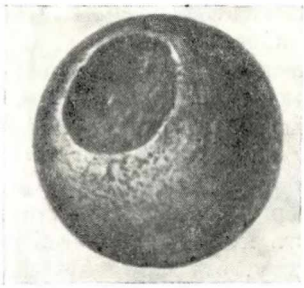


Рис. 8.

Шарики металлического железа со дна Тихого океана.

На рис. 7 — в конкреции вада, на рис. 8 — отдельный шарик. По Мёррею и Ренару, 1891

оригинальную форму этих мелких шариков, имеющих нередко маленькое углубление в одном месте (рис. 8).

После работ Мёррея и Ренара эти мелкие металлические частицы не наблюдались в глубинном иле[3]. Им аналогичны, однако, мелкие (0,007—0,02 мм), шарообразные, повидимому полые внутри магнитные частицы, наблюдавшиеся в иле Средиземного моря около берегов Туниса и Алжира и в разнообразных древних морских отложениях, в осадочных породах[4]. Однако состав этих мелких конкреций из самородного железа является недоказанным[5].

В тесной связи с этими железными частицами должны быть поставлены мелкие частицы металлического железа, находящиеся в осадочных и обломочных породах земной поверхности, генезис которых, если возможно, еще более загадочен и неясен. К ним мне придется вернуться ниже (§ 59).

57. Таковы немногочисленные факты, касающиеся этих во многом загадочных явлений. Для объяснения их образования можно сделать три

[1] Мёррей и Ренар (Murray a. Renard, 1891, стр. 328) относят такие шарики к шрейберситу. Уже Коген (Cohen, 1894, стр 295; 1903, стр. 76) правильно отметил, что этому решительно противоречит их ковкость. На сходство с октиббегитом указывает и отмеченная уже Мёрреем и Ренаром малая окисляемость шариков, аналогичная, по их мнению, железу из Санта-Катарина (стр. 330), которое, как мы знаем (§ 48), не есть метеорит, а земной тэнит.

[2] Количество их не может быть, однако, очень велико, так как новый анализ Кларка красного ила из экспедиции Челленджера дал всего 0,039% NiO+CoO, т. е. в общем ничтожное количество; см. F. Clarke, 1907, стр. 170. В иле дна Красного моря — 0,002—0,004% Ni; см. Natterer, 1898, стр. 501.

[3] Любопытно, что они не указываются самим Мёрреем в других, аналогичных образцах, например, в образцах, собранных «Британией»; см. Murray, 1902, стр. 700 и сл.

[4] Meunier et Tissandier, 1878, стр. 450; Meunier, 1884, стр. 314.

[5] Ср. наблюдения Эренберга, § 55.

совершенно разных предположения: можно счесть их 1) телами космического происхождения, 2) продуктами человеческой жизни и, наконец, 3) телами, образовавшимися во время земных химических процессов. Очень возможно, что мы здесь встречаем железо разного происхождения, т. е. что одновременно идет его выпадение всеми этими тремя способами. Окончательно вопрос этот не может быть решен, но при изучении минералогии нельзя упускать из виду, что есть ряд данных, делающих очень вероятным участие в их образовании земных процессов. Очень возможно, что по крайней мере часть этих телец является формой выделения самородного железа на земной поверхности.

Космическое происхождение больших скоплений атмосферной пыли было первым научным объяснением. На него уже указывали и его развивали ученые первой половины XIX столетия, например Хладни. Араго[1] дал сводку наших сведений о космической пыли и каталог возможных относящихся сюда наблюдений. Постепенно точные эмпирические наблюдения Эренберга уменьшили количество относящихся сюда случаев и сузили возможность приложения этой гипотезы[2]. Затем вторично, по отношению к криокониту, эту гипотезу развил Норденшельд (§ 55), широко раздвинувший область космического происхождения земной материи. Постепенно точные работы доказали, однако, земное происхождение значительной части, если не всего криоконита.

Присутствие металлических частиц в снеге и граде пытались объяснить признанием космического происхождения их носителей, снега и града[3]. Наконец, железу океанических осадков придавали космическое происхождение Ренар и Мёррей.

Эти гипотезы до сих пор имеют многочисленных сторонников и вошли в учебники. Несомненное наблюдение космической пыли при некоторых падениях метеоритов, нахождение никеля и кобальта в железе этого происхождения и, наконец, оригинальная шаровая форма железных телец пыли служат главной опорой этих взглядов.

Едва ли, однако, эти доказательства имеют большое значение. Ибо легко убедиться, что: 1) образование железных телец данной формы из метеоритов и среди метеоритов никогда не наблюдалось[4], 2) присутствие кобальта и никеля не противоречит их земному происхождению[5], 3) характер пассивности этого железа указывает на октиббегит, в метеоритах неизвестный. Характерное углубление (см. рис. 8) очень мало говорит в пользу их космического происхождения, так как ничего подобного для хондровых телец не наблюдалось. Наконец, шаровые выделения известны и для земного феррита (§ 46).

Едва ли можно вполне объяснить их происхождение и деятельностью человека. Несомненно, благодаря этой деятельности, всюду на поверхности Земли рассеяны мельчайшие частицы как железа, так и других металлов. Можно этим путем понять нахождение их в атмосферной пыли.

Иногда даже форма сгорания железа в доменных печах дает образования, очень напоминающие железные частицы атмосферной пыли. На это

[1] Arago, 1857, стр. 208.
[2] Ehrenberg, 1849, стр. 436 — 437; 1872, стр. 4 и сл.
[3] См. Шведов, 1880—1881.
[4] При скоблении темной корки метеоритов находили образования, несколько схожие с этими шариками. Ср., например, Tissandier, 1877, стр. 54.
[5] О нахождении Ni на поверхности литосферы см. Vogt, 1906, стр. 230; Kraut, 1906, стр. 1794. О нахождении, очень обычном, никеля (также меди, свинца и т. д.) в пыли земного, не космического, происхождения см. Hartley, 1901, стр. 108. Гартли думал, что никель попадает в пыль доменных печей из каменного угля.

обратил уже внимание Рейхенбах[1]. Очень резко получается такая форма железа при сгорании его в водороде (ср. рис. 9). Кроме того, в искусственном железе, стали и чугуне нередко заключаются никель и кобальт, присутствие которых, таким образом, не может служить указателем космического происхождения Fe[2]. Однако было бы слишком смелым считать все железо пыли и дна океанов за результат деятельности человека. Этому противоречит уже одно то, что оно наблюдается в древних морских осадках, образовавшихся, когда человека еще не было (§ 56).

Рис. 9. Сгорание в водороде железной проволоки. ×200.

По Юнгу, 1877

58. Гораздо более серьезными представляются объяснения, относящие причину образования этих телец к земным химическим процессам. При этом приходится допустить, что мы имеем здесь дело с явлением новым и неизученным.

Вероятны две гипотезы. Во-первых, весьма возможно, что мы имеем в этих мелких железных шариках продукты туфов основных пород, образовавшиеся путем газовых взрывов в вулканических отдушинах, маарах, диатремах и тому подобных образованиях. Среди этих продуктов мы встречаем шаровые выделения, аналогичные хондрам[3]. Гипотеза эта была высказана уже Эренбергом и развита Добрэ, который получил такие железные тела искусственно[4]. В ее пользу говорит то, что железные частицы часто находятся в природе совместно с продуктами земной вулканической деятельности, например, на морском дне или в криоконите.

Но, с другой стороны, вполне возможно образование этих конкреций in situ на дне океана или на самой наружной пленке литосферы — в почве. В таком случае мы имеем дело с шаровыми конкрециями, вполне аналогичными некоторым формам заведомо самородного железа (§ 46, рис. 2). Очень характерно существование в них кобальта, который найден в древних морских конкрециях (в форме асболита), аналогичных тем марганцевым конкрециям, с которыми связаны железные тельца дна Тихого океана[5]. Среди процессов дна океана идут энергичные реакции восстановления, характерные, например, для сернистых тел. Очень возможно, что реакция идет до конца для железа (и, частью, для никеля и кобальта?), тогда как марганец (и, частью, кобальт) остаются в окисленном состоянии. В криоконит и в атмосферную пыль эти частицы железа могут попадать из

[1] Reichenbach, 1859 (1), стр. 485. Ср. Tissandier, 1877, стр. 57.

[2] Wedding, 1891—1895, стр. 345; Terreil, 1877, стр. 497; O. Erdmann, 1866, стр. 121; Weiske, 1866, стр. 485. Вейске вычислил, что на 7500 млн. кг железа, добывавшегося в его время, приходилось 1 млн. кг Ni+Co. Надо иметь в виду, что количество Ni+Co в пыли от железа должно увеличиваться, так как железо, богатое Ni, труднее окисляется. Ni находится в меди, добываемой человеком; см., например, Струве, 1859, стр. 104. Медь находится иногда в заметных количествах в атмосферной пыли; см., например, Ehrenberg, 1849, стр. 282.

[3] Вместе с этими железными тельцами всюду в пыли, криоконите, на дне океанов наблюдаются и силикатовые хондры. О хондрах земных туфов см. сводку наблюдений у Cohen, 1903, стр. 68.

[4] Daubrée, 1891, стр. 131.

[5] Была бы в высшей степени желательной проба на никель, до сих пор не сделанная, в этих конкрециях современного вада.

древних осадочных, теперь наземных отложений. В таком случае они окажутся одного происхождения со всеми другими составными частями пыли.

Как бы то ни было, мы имеем здесь дело с очень интересным и важным земным процессом, настоятельно требующим научного изучения. Первым делом, необходимо обратить внимание на точный химический и петрографический анализ, с этой точки зрения, основных туфов, осадочных образований, продуктов извержения грязевых вулканов.

59. Изменение самородного железа. Образовавшись различным путем, самородное железо на земной поверхности подвергается дальнейшим изменениям, как химическим, так и механическим.

На земной поверхности, при разрушении земной коры, благодаря своей твердости (4—5), большому удельному весу и относительно трудной изменчивости, оно собирается в бо́льших или меньших количествах в р о с с ы п я х, богатых иногда золотом, платиной и т. п. Так, найдено самородное железо в очень многих местах земной коры — в Италии, Новой Зеландии (аваруит по р. Горж, октиббегит около залива Барн)[1], Борнео и т. д. Можно сказать, что в небольшом количестве оно наблюдается почти во всякой россыпи тяжелых металлов. Кое-где, например октиббегит (суэзит) в песке р. Фразер в окр. Лиллоэт в Британской Колумбии, оно собирается в довольно большом количестве[2].

По отношению к этому железу россыпей до сих пор господствуют предположения об его искусственном происхождении. Их считают осколками орудий человека во всех тех случаях, когда анализ не открывает в них достаточно никеля[3]. Однако в целом ряде случаев мы явно имеем дело с минералом россыпей (октиббегит). Решить вопрос можно только путем исследования каждого отдельного случая и нельзя дать никаких общих оснований для отрицания естественного происхождения россыпного железа.

Тем же самым путем железо попадает в п е с к и и в различные осадочные породы (§ 56). В осадочных отложениях оно могло бы иметь то же происхождение, как и шарики железа современных океанических осадков. Едва ли таково может быть происхождение самородного железа в песках. При изучении атмосферной пыли, связанной с пассатными ветрами, столкнулись с ее происхождением из Сахары, и ввиду этого были тщательно изучены пески Сахары. Здесь впервые Макканьо нашел мелкие железные частицы, причем анализ мельчайшей мути этих песков дал ему 0,2% Fe и 0,072% Ni[4]. Позже эти наблюдения были подтверждены, причем оказалось, что эти пылинки железа имеют сферическую или оригинальную зазубренную форму (рис. 10)[5], может быть, отчасти вызванную истиранием песка. Трудно сказать, откуда попало это железо в пески, — может быть, его происхождение очень различное[6].

Но рядом с таким механическим перемещением железа наблюдается и х и м и ч е с к о е его изменение. Феррит чрезвычайно быстро окисляется и дает разнообразные гидраты окиси железа, преимущественно л и м о н и т. В присутствии никеля получаются мало изученные гидраты окиси (?)

---

[1] S k e y, 1885, стр. 401.

[2] G. H o f f m a n n, 1905, стр. 319.

[3] Так, Розе (G. R o s e, 1837, стр. 161) отрицал природное происхождение железа уральских россыпей. Совершенно правильно возражал на это уже Эйхвальд (1845, стр. 49).

[4] Наблюдения Макканьо изданы посмертно Таккини. См. T a c c h i n i, 1882, стр. 135.

[5] Ср. S h u s t e r, 1883, стр. 91—92.

[6] Любопытны наблюдения Тилгмена о нахождении мелких частиц (Fe,Ni) в песке Кун-Бьютт в Аризоне (ср. § 48).

никеля[1]. Октиббегит и аваруит изменяются очень слабо и могут долго сохраняться в виде мелких блесток и пластинок, напоминая этим железистую платину (§ 76).

Но помимо выветривания, т. е. изменения на поверхности, есть и другой процесс изменения железа, связанный с генезисом его в базальтовых магмах и происходящий, повидимому, при последних стадиях их застывания: это переход феррита и камасита в ферриси л и к а т ы (в гизингерит) и м а г н и т н ы й к о л ч е д а н[2], очевидно, под влиянием горячих вод, богатых O и SiO_2 или H_2S[3]. Аналогично его превращение в базальтах в м а г н е т и т[4]. К сожалению, эти процессы совсем не изучены.

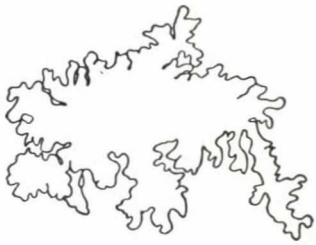


Рис. 10. Металлическая песчинка из песка Сахары. Может быть, дендритовый сросток. ×100.

По Шустеру, 1882

60. Значение космического железа в земной коре. Количество самородного железа на земной поверхности постоянно увеличивается благодаря падению на нее метеоритов и космической пыли, богатых тэнитом и камаситом. Иногда они даже сплошь состоят из этих соединений.

Постоянное падение на земную поверхность этих тел вызвало в начале XIX столетия своеобразные натурфилософские построения Груйтгуйзена и позже — космогонические гипотезы Баумгауэра, Рейхенбаха, Локайра, Норденшельда, Дарвина и других, допускавших происхождение Земли, как планеты, благодаря скоплению падающих в определенные точки пространства космической пыли и осколков[5].

Эти гипотезы охватывают ряды веков. Они встречают многочисленные возражения и стоят вне области явлений, изучаемых в минералогии. С минералогической точки зрения, количество вещества, приносимого в земную кору метеоритами, ничтожно. В частности, по отношению к железу-никелю совершенно ясно, что количества его, попадающие на Землю этим путем, невелики по сравнению с теми массами железа, которые добываются трудом человека.

Ежегодно на земной поверхности происходит несколько сот или тысяч падений метеоритов[6]. Их вес невелик, и большая часть их распыляется. Принимая во внимание неизбежные пропажи метеоритов, падающих в некультурных и мало культурных странах, особенно раньше первой четверти XIX столетия, когда начали собирать метеориты, все же цифра ныне известных метеоритов дает некоторое понятие о количестве материи, этим

---

[1] О них см. C o h e n, 1894, стр 224—225.

[2] N i k o l a u, 1901, стр. 248.

[3] Этот переход очень интересен, так как состав пирротина неясен и в нем возможно видеть физическую смесь α-γ-Fe и α-β-FeS. Очень возможно, что Fe находится в пирротине в физической смеси (ср. ниже — пирротин).

[4] H a w e s, 1877, стр. 35.

[5] B a u m h a u e r, 1872, стр. 679 (первые мемуары в 1840-х годах); R e i c h e n b a c h, 1858, стр. 555 и сл.; A. N o r d e n s k i ö l d, 1885, стр. 132 и сл.; D a r w i n, 1888; L o c k y e r, 1890; M o u l t o n, 1905, стр. 165. Работы Груйтгуйзена (ум. в 1851 г.) рассеяны в многочисленных брошюрах, начиная с 1817 г.; одна из последних обработок см. G r u i t h u i s e n, 1845, стр. 3 и сл. Эта теория получила в последнее время новое развитие в виде так называемой планетезимальной гипотезы. О ней ср. T. C h a m b e r l i n, 1904, стр. 198 и сл.; U p h a m, 1905, стр. 202 (литература).

[6] Рейхенбах (R e i c h e n b a c h, 1859 (1), стр. 483) считает, что ежегодно падает несколько сот одних металлических метеоритов.

путем попадающей в земную кору. Вес метеоритов, сохранявшихся в музеях до 1897 г. и попавших в каталог Вюльфинга, достигает 39,4 т, и они охватывают 533 падения; больше половины этих метеоритов (28 т) принадлежит метеоритному железу [1]. Но в собраниях находится небольшая часть метеоритов. Огромные куски железа известны в разных местах земной коры и не перевезены в музеи; так, куски мексиканских метеоритов достигают 100,5 т [2]. Некоторые большие куски железа, например, Ранчито (50 т) или Кейп-Йорк (40 т), превышают все количество железа в собраниях [3]. Если мы даже прибавим их к числу, полученному Вюльфингом, то все же вес метеоритов, ныне известных и охраняемых в земной коре, не достигнет 200 т, — ничтожное число по сравнению с ее массой. Однако несомненно сохранилась лишь ничтожная часть метеоритов. Их вес едва ли отвечает весу даже годового падения метеоритов. Вес таких падений достигает, по разным исчислениям, от 225 до 20 000 т [4], причем в этом последнем случае значительная часть вещества приходится на долю космической пыли. Количество самородного железа, попадающего на Землю в виде космической пыли, вероятно, ничтожно (§ 55). В общем, очевидно, это явление, даже в течение очень больших промежутков времени, не должно играть крупной роли в химических процессах земной коры [5].

На то же самое указывают и астрономические явления. Если бы Земля заметно росла этим путем, то должны были бы наблюдаться нарушения в явлениях всемирного тяготения, которые, однако, не замечены. Впрочем, нельзя преувеличивать значение астрономических доказательств: очень возможно, что существует известное, установившееся равновесие между притоком вещества, падающего на Землю в виде метеоритов и космической пыли, и уносом его в форме газов и тонкой пыли [6]. В таком случае не будет

---

[1] См. Wülfing, 1897, стр. 447 и сл.

[2] Коген (Cohen, 1903, стр. 189) считает эту цифру низкой.

[3] Ср. список у Cohen, 1903, стр. 187.

[4] 225 т (4500 центнеров) дает для метеоритов Рейхенбах (Reichenbach, 1858, стр. 555 и сл.); до 7500 т дают американские геологи (см. T. Chamberlin a. R. Salisbury, 1904, стр. 364). Максимальную цифру см. Arrhenius, 1907, стр. 88.

[5] К совершенно другим выводам приходит Норденшельд. Он исчисляет количество пыли, ежегодно падающей на земную поверхность, около 10 000 000 т. (См. A. Nordenskiöld, 1885, стр. 180—181). Лежащие в основе этих вычислений данные в высшей степени гадательны. Даже если признать количество «пыли», попадающей на Землю в форме болидов и т. п., значительным, что весьма вероятно, то количество самородного железа-никеля, в ней находящееся, ничтожно. Ее состав, должно быть, другой, — очень вероятно в ней большое количество газов и соединений углерода. Кейс (Keyes, 1910 (1) и (2)) придает космическому железу большую роль в истории земной коры.

[6] Этот процесс, вероятно, и происходит. Как мы знаем, такие равновесия всюду установились на земной поверхности — состав воздуха, морской воды и т. д. неизменны (ср. также § 9, 32). С другой стороны, унос газов из атмосферы (см. ниже — водород, гелий), вероятно, постоянно происходит. Огромные высоты, которых достигает пыль во время некоторых извержений (например Кракатао), указывают на возможность того же явления для тонких твердых частиц. Весьма вероятно, что земной шар окружен кольцами или снопами пыли, теряемой для земной коры этим путем, хотя и следующей суточному движению Земли (зодиакальный свет, северные сияния). Вполне возможно, что газы метеоров не попадают в конце концов в земную кору. Судя по новейшим наблюдениям (Троубриджа), высота свечения метеоров очень велика (в среднем 87 км), т. е. превышает высоту атмосферы, имеющей значение в химических реакциях Земли (§ 13). Отдельные наблюдения дают числа, значительно большие, до 400 км (см. Arrhenius, 1907, стр. 96). Самое свечение их, вероятнее всего, объясняется фосфоресценцией светящихся газов и твердой пыли в разреженной газовой среде (ср. Trowbridge, 1907, стр. 95 и сл.). Существование вокруг Земли этих скоплений газов

астрономических изменений и при значительном нарастании Земли этим путем.

Как бы то ни было, мы пока не замечаем значительного увеличения самородного железа-никеля этим путем в земной коре[1].

61. Труд человека. В последние века в истории земной коры прибавился новый источник, выделяющий железо на земной поверхности из его соединений в гораздо больших количествах, чем сколько его приносят метеориты; это труд человека. Трудно учесть всю химическую работу, производимую здесь человеком (§ 27), но совершенно ясно, что количество железа, добываемое в настоящее время человеком, превышает количество самородного железа, которое выделено вековыми процессами земной коры. С каждым годом значение труда человека увеличивается, и земная поверхность резко меняет свои свойства. Накопление железа этим путем на земной поверхности началось медленно, несколько тысячелетий тому назад, и лишь в последнее столетие двинулось быстро, со все увеличивающимся темпом развития.

Начало ему было положено, повидимому, находками самородного железа или неотличимого от него железа метеоритного[2]. Железо сразу бросалось в глаза полудикому человеку, изощрявшему свои органы чувств в жестокой борьбе с природой, старательно им собиралось и шло на изделия[3].

Этот процесс можно было наблюдать у самых разнообразных народов. Можно доказать его существование и у тех народов, где такое железо в историческую эпоху уже не имело значения. Так, в Египте, где железо сделалось известно по крайней мере за 3000 лет до н. э. и где во II тысячелетии до н. э. оно было уже очень распространено[4], в языке остались следы первоначального употребления готового природного железа. В древнем Египте железо считалось небесным металлом, и одно из названий его, сохранившееся в коптском языке, обозначает «камень неба»[5]. Кажется, будто в языке остались следы первоначального употребления метеоритного железа в доисторическую эпоху египетской истории.

В других местах употребление природного — земного и космического — железа достигло исторических времен; в отдаленных уголках земной коры оно дотянулось до XIX столетия. Так, жившие за несколько столетий до прихода Колумба таинственные строители североамериканских курганов употребляли изделия из октиббегита и метеоритного железа, найденные в их могилах[6]. Следы его употребления сохранились в Парагвае до прихода

и пыли разного происхождения делает допустимым и земное, в конце концов, происхождение значительной части метеоритов и космической пыли. Допускаемое некоторыми исследователями происхождение этой тонкой пыли и газов из Солнца скорее противоречит происхождению (Fe, Ni) этим путем, в таком случае должны преобладать H, Kr, He и т. д. (ср. Arrhenius, 1907, стр. 117; ср. ниже — водород).

[1] По мнению Добрэ (Daubrée, 1870, стр. 47), это явление, может быть, объясняется быстрым окислением метеоритов.

[2] На это указывал уже в XVIII столетии д'Арсэ. См. об этом соображении Fournet, 1861, стр. 89—90. Возражения у L. Beck, 1890, стр. 28 и сл.

[3] Очень любопытные замечания у Peary, 1898, стр. 602.

[4] Уже Бекк допускал эти хронологические даты. L. Beck, 1890, стр. 82 и сл.; Blanckenhorn, 1907, стр. 366; Olshausen, 1907, стр. 369. См. возражения Швейнфурта у Belck, 1908, стр. 61.

[5] Об этом см. Brugsch-Bey, 1877, стр. 22; Н. Винер, 1880, стр. 298 и сл. Возражения против толкования Бругшем коптского названия железа см. у Лепсиуса (Lepsius, 1872, стр. 108). Бекк считает эту этимологию вообще не связанной с метеоритным железом (L. Beck, 1890, стр. 96).

[6] Литература вопроса и примеры у Webb Hodge, 1907, стр. 614.

испанцев[1]. При открытии Америки А. Веспуччи встретил у туземцев Бразилии грубые орудия из природного железа[2].

В XVIII столетии им пользовались негры в Сенегале в Африке[3], туземцы Меднорудной реки Северной Америки[4] и т. д. Раскопки древних гренландских могил указали на вековое употребление его эскимосами, и это употребление удержалось до XIX столетия. Еще в 1819 г. Дж. Росс встретил у эскимосов северной Гренландии поделки из самородного или метеоритного железа[5]. Точно так же еще в XIX столетии северные якуты Алазейских гор пользовались природным железом[6].

По мнению Риджуэя, в Индии, всюду, где находятся центры туземной выплавки железа, они лежат в областях, где выходы каменноугольных слоев и железняка (ironstone) прерываются базальтами, т. е. где, по мнению Риджуэя, есть возможность образования самородного железа[7].

62. Но это природное железо нигде не могло иметь большого значения, являться предметом систематической добычи. Для этого его было слишком мало[8]. Железо приобрело значение лишь после открытия его добычи из руд, из таких кислородных соединений, которые легко восстанавливаются до металлического железа.

Это открытие совершилось за немного тысячелетий до нашего времени[9]. Оно медленно распространялось и охватывало все население земного шара. Процесс закончился лишь в самом конце XVIII столетия, почти дотянулся до начала XIX. Начало его скрыто в глуби веков. Несомненно, что в Египте железо было уже в употреблении раньше III тысячелетия до н. э. Во всей Африке добыча железа несет ясные следы извечной культуры[10], и, может быть, африканские расы познакомились с железом раньше всех других металлов, кроме золота. Вероятно, мы имеем несколько пунктов самостоятельного открытия добычи железа — так, это можно допустить для

---

[1] Здесь была распространена железная монета, по указанию д'Акосты. См. R. Andrée, 1884, стр. 128.

[2] Fournet, 1861, стр. 90. Ср. L. Beck, 1890, стр. 345.

[3] Cohen, 1905, стр. 30, — по указанию Компаньона (1716).

[4] См. R. Andrée, 1884, стр. 132. Ср. Webb Hodge, 1907.

[5] См. Daubrée, 1888, стр. 189; J. Ross, 1820, стр. 52. Изделия, найденные Россом и позднее Пири, частью были сделаны из метеоритного железа на мысе Иорк, в северной Гренландии, как доказал Пири для северных эскимосов. См. Peary, 1898, стр. 553 и сл. О древних изделиях из этого железа — там же, стр. 613 и сл.

[6] Врангель, 1841, стр. 216 (ср. § 63). Об употреблении «самородного чугуна» якутами указывали и Эрману, но принесенные ему образчики оказались лимонитом с включениями пирита (Erman, 1838, стр. 139).

[7] См. Crooke, 1911, стр. 720. См. прения в Общ. ист. наук (L. Beck, Diergardt, Blankenhorn и др., 1907, стр. 362 и сл.).

[8] Есть указание на добычу самородного железа около р. Сент-Джонс в Либерии (см. Wedding, 1891 — 1896, стр. 349), но эта добыча длилась короткое время. Об этом железе см. A. Hayes, 1856, стр. 153. К сожалению, это месторождение никем не изучено. Образцы, бывшие в руках Гайеса, отличались по свойствам от искусственного железа и содержали внутри мелкие кристаллы кварца, магнетита и какого-то силиката Ca и Na. Характерно для них полное отсутствие углерода.

[9] См. Belck, 1907, стр. 334; 1908, стр. 45, 241 и сл. Бельк пытался доказать открытие добычи стали филистимлянами и финикиянами за 1500 лет до н. э. См. возражения Бекка, Бланкенгорна, Люшана и др. (L. Beck и др., 1907, стр. 362).

[10] L. Beck, 1890, стр. 335. Ср. Ankermann, Olshausen и др., 1904, стр. 75, 85 и др. О железе в древнем Египте см. Flinders Petrie, 1915. По его мнению, железная эпоха началась в Египте за 1200 лет до н. э. Поэтому мало вероятно, чтобы источником железа была Эфиопия; железо исходило из европейских или евфратских источников. В Южной Африке, в области басенгов (местность Сенга), среди железных руд, добываемых туземцами, встречаются, говорят, жилы «чистого металла». См. Livingstone, 1859, стр. 651.

туземцев Индии[1], Индонезии, Малой Азии (финикиян и филистимлян), может быть Аравии. Данные языка указывают, что кое-где в Южном Китае и в Индокитае железо стало известным независимо от Северного Китая[2].

Однако вначале его распространение шло медленно. Повидимому, в первым тысячелетии до н. э. оно окончательно достигло всех культурных племен Европы и Азии; гораздо раньше распространилось в Африке. В Америке мы имеем ясные указания на то, что оно было известно до прихода Колумба[3], но, странным образом, его распространение там было очень ограниченное и оно не могло вытеснить меди, бронзы и камня из текущего обихода. К началу и к середине первого тысячелетия до н. э. техника железа и стали достигла наиболее высокого развития в передней Индии и в древней Персии; железо являлось предметом вывоза отсюда[4]. Однако в течение веков оно не могло проникнуть отсюда очень далеко на юго-восток — оно не шло дальше Новой Гвинеи[5]. До XVI и XVII столетий н. э. значительная часть континента Нового Света оставалась вне влияния железа, которое получило там право гражданства лишь после открытия его европейцами[6]. В Австралии и Полинезии железо не было обнаружено до конца XVIII столетия[7].

Великие путешествия конца XVIII столетия и арктические открытия начала XIX завершили цикл ознакомления с железом всего человечества. Однако долгое время общая добыча железа была все еще незначительна, ибо количество населения земного шара не было, относительно, очень велико, и ступень культуры, на которой оно стояло, не была связана с широким распространением железа. Поворот начал совершаться в конце XVIII столетия, в связи с развитием капитализма и мирового хозяйства. Мировая добыча чугуна и стали (§ 29) увеличилась в первые 50 лет XIX столетия в 5 раз, во вторую половину века — в 10 раз, и с тех пор темп развития добычи железа неуклонно и энергически растет. К сожалению, мы не имеем точных цифр даже для всего XIX столетия; несомненно, за это время добыто не менее биллиона тонн чугуна. За все же тысячелетия до XIX века количество железа, добытого человеком, превышает эту цифру в несколько раз. Перед ней меркнет то количество свободного железа и железа-никеля, которое выделено в земной коре природными процессами.

Количество произведенной человеком работы, однако, не исчисляется

---

[1] Железо не упоминается в ведах. Оно упоминается в «Atharwan», т. е. не позже 1000 лет до н. э. Оно появляется довольно поздно в Южной Индии, в период долменов. Таким образом, оно или является независимым изобретением дравидских племен, или проникло в Индию из вавилонских центров благодаря дравидской торговле по Персидскому заливу. См. Crooke, 1911, стр. 720. О значении стали и железа в древней Индии см. Hadfield, 1912, стр. 360.

[2] См. Bonifacy, 1907, стр. 512.

[3] Едва ли можно в этом сомневаться после критической обработки известий об отсутствии железа в доколумбовой Америке, сделанной Гостманом; см. Hostmann у L. Beck, 1890, стр. 343 и сл. Для культурных государств (Мексика, Перу, Юкатан и т. д.) знание железа является несомненным. Для индейцев на север от Мексики новейшие американские этнологи считают добычу железа неизвестной. Они считают, что многочисленные находки железа относятся к метеоритному или природному земному железу. Тут много гипотетичного. См. сводку у Webb Hodge, 1907, стр. 614, 847.

[4] L. Beck, 1890, стр. 226 и сл., 256.

[5] Macmillann Brown, 1907, стр. 46.

[6] Ср. Hostmann, 1890. Риджуэй (Ridgeway, 1908, стр. 644) признает Среднюю Европу местом, где впервые было выделено железо.

[7] Macmillan Brown, 1907, стр. 44 и сл. Ср., впрочем, Gräbner, 1904, стр. 52.

только процессом восстановления железа из руд. Она тратится на сохранение необычного и не отвечающего условиям земной коры тела в неизменном состоянии. Огромная масса полученного железа окисляется и поглощает воду, переходя затем в новые соединения. Так, почти ничего не осталось от железа, добытого в древнем Египте или среди культурного населения Центральной Америки. От древнего классического мира до нас дошли ничтожные остатки железа — все остальное окислилось. Такие изделия, как колонна Кутуб около Дели в Индии (относящаяся к первым векам н. э.), являются немногими исключениями[1]. Даже в ближайшее к нам время — от первой половины XIX века — сохранилась ничтожная часть добытого железа. И в настоящее время огромное количество железа истирается и находится в виде тонкой пыли в воздухе, медленно затем окисляясь. Труд человека постоянно идет на сохранение и поддержание добываемого железа. Химическая работа, производимая этим путем человечеством, огромна.

63. Самородное железо в России. В России самородное железо констатировано до сих пор в немногих местах; оно разного происхождения.

В *Европейской России*, в *Архангельской губ.*: «Поморцы рассказывали мне, что около дер. Масельги, на пути из посада Сумы в город Повенец, находят куски «чистого железа» фунтов по 30; из него делают «ухвад», который продают на месте по 8 руб. асс. за пуд». Эти наблюдения осторожного и точного наблюдателя Рейнеке, относящиеся к 1833 г., заслуживают внимания и проверки[2].

В *Волынской губ.*, *Ровенском у.*, около дер. Берестовец и Злазни[3], — в анамезитах, выделившихся до отложения верхнемеловых слоев.

В *Вологодской губ.* найден кусок самородного железа, покрытого коркой лимонита с друзами сидерита, в торфянике около церкви Николая Восимского, в 20 км от Вологды[4].

В *Области Войска Донского* — изредка в антрацитах Грушевки[5]; произошло из пирротина.

В *Царстве Польском*, в *Келецкой губ.*, указывается железо около Медзяной горы[6].

На *Урале* главная масса его встречается в россыпях[7]. На Среднем и Южном Урале оно попадается довольно часто в россыпях, как платиновых, так и золотоносных.

В *Алапаевском окр.*, вблизи дер. Лебедкиной, железо встречено А. П. Карпинским по р. Бобровке, притоку р. Реж.

В *Пермской губ.*, — в *Верхотурском у.*, в *Богословском окр.*, на р. Медной,

---

[1] Schultre, 1910, стр. 351; Neogi, 1914.

[2] Рейнеке, 1850, стр. 501.

[3] Ср. § 50; также Лагорио, 1887, стр. 485.

[4] См. Циккендрат, 1892, стр. 445. Железо не содержит Ni. См. еще Купффер, 1908, стр. 318 (анализ).

[5] Сидоренко, 1903, стр. 78.

[6] Д. Соколов, 1832, стр. 816: «уверяют, что находили его». Не дали ли повод такому мнению неясные указания Карози? См. Carosi, 1781, стр. 21. Очень вероятно, что это был метеорит. См. еще Staszic, 1805, стр. 32—33.

[7] Обыкновенно это железо россыпей считают не чем иным, как осколками орудий и т. п., употребляемых при добыче Au или Pt из россыпи. Благодаря этому все указания на нахождение природного железа теряются и не отмечаются. Научный скептицизм приводит здесь к ненаучным выводам. Ср. об этом § 58. Противоположное мнение — Bornemann, 1853, стр. 154. Ввиду этого будет осторожнее привести все имеющиеся в литературе данные о распространении россыпного железа. Часть этого железа несомненно окажется природным продуктом, но какая — неизвестно.

притоке Лобвы[1]; в Коптяковском руднике на Лобве — в шлихе от истолчения асбестовых прожилок [2]. В *Нижне-Тагильских* платиновых россыпях[3]. В *Гороблагодатском окр.* [4], например, с платиной около Нижне-Туринска [5]. В системе р. Выи (бассейн Салды), в логу Большой Гусевки, около платинового прииска «Полтава», «сиенитогнейсс» содержит самородное железо [6]. В *Чердынском у.* — камасит [7]. В *Екатеринбургском у.*, около Березовска, в Приканавной россыпи, попадаются кусочки железа очень неправильной формы, не заключающие Ni, но содержащие до 0,1% Pt [8]. В Шабровской золотой россыпи [9] и др. Точно так же в мелких чешуйках и угловатых зернах оно наблюдалось в *Верхне-Тагильских* [10] россыпях. В *Сысертском окр.*, в Полевской даче, — в платиновых россыпях и по р. Омутной[11]. В Иремшанском (?) или Черемшанском прииске[12]. В Шадринском руднике — «ложное самородное железо с кварцем» [13] и т. д.

В *Оренбургской губ.*, в *Троицком у.*, по р. Санарке, содержит до 2% Ni[14].

В *Уральской обл.*, в *Темирском у.*, около Уильска, на берегу Сангыз-Сой; блестки в конкрециях лимонита [15].

В *Сибири*, в *Томской губ.*, на *Алтае*, в *Кузнецком у.*; в *Мрасской* системе золотых россыпей оно наблюдалось в значительном количестве в Петропавловской россыпи, и здесь в 1841 г. был найден кусок его до 8 кг весом, представляющий по анализу к а м а с и т [16]. По мнению Г. Щуров-

---

[1] Г е о р г и, 1798 (3), 483 — по указанию Палласа.

[2] Щ е г л о в, 1827, стр. 513. По мнению Щеглова, попало из орудий разработки.

[3] «Verhandl. Russ. Miner. Ges.», SPb., 1842, стр. 74 — по указанию Ф. Накерина.

[4] Озанн (O s a n n, 1827, стр. 313 и сл.) нашел в сырой гороблагодатской платине 15% самородного железа с уд. весом 6,407 (К о з и ц к и й, 1844, стр. 167.)

[5] Э н г е л ь г а р д т, 1828, стр. 43. Содержит зерна Pt.

[6] См. З а й ц е в, 1898 (1), стр. 51.

[7] Г. И в а н о в, 1859, стр. 115: заключает 9,6% Ni. Доставлен под именем серебряной руды. Метеорит? Любопытно, что в старой коллекции Киевского политехнического института находилось «самородное серебро» из Сибири, оказавшееся никелистым железом (по указанию Л. Л. Иванова).

[8] D a u b r é e et M e u n i e r, 1891, стр. 172. Ср. § 41. Н е с т е р о в с к и й, 1892, стр. 27; С о в и н с к и й, 1892, стр. 33 (приписывает им искусственное происхождение).

[9] G. R o s e, 1837, стр. 161. По его мнению, происходит от орудий.

[10] Э й х в а л ь д, 1847, стр. 183—184. По указанию Эйхвальда, это железо на заседаниях Минералогического общества не было признано осколками орудий. Ср. Н е ф е д ь е в, 1871, стр. 32 (получено при толчении кварца — «ложный аэролит»).

[11] Коллекция Академии Наук. Доставлен В. И. Крыжановским. По пробе К. А. Ненадкевича, Ni не содержит.

[12] Э й х в а л ь д, 1845, стр. 49. Не то же ли самое «Черемшанский пр.» — «ложное самородное железо, полученное при толчении кварца». Черемшанский прииск, указанный Эйхвальдом, может быть Черемшанский прииск, близкий к Выйскому заводу. По П. Гладкому (1892 (2), стр. 130), в его песках очень много «железистого шлака». Ср. Н е ф е д ь е в, 1871. «Черемшанок» много в Пермской губ. (см. «Список населенных мест Пермской губ.», СПб., 1875). «Иремшанского пр.» или «Иремшана» нет ни в «Списках населенных мест Пермской, Уфимской или Оренбургской губ.» (изд. Статист. комитета), ни в «Словаре Пермской губ.» Чупина. Вероятнее всего, мы имеем здесь известие о Черемшанском прииске в области Верхне-Тагильских заводов Екатеринбургского у.

[13] Н е ф е д ь е в, 1871. Вероятно, это Шадровский железный рудник Красноуфимского у. Шадринский рудник на Урале мне не известен. О Шадровском руднике см. Ш т у к е н б е р г, 1890, стр. 33.

[14] Г р е в и н г к и Ш м и д т, 1884, стр. 29.

[15] Е р е м е е в, 1893, стр. 445.

[16] См. анализ Г. Иванова (1841, стр. 143) 6,97% Ni. Соколовский (1841, стр. 497) нашел всего 2,07% Ni и считает его метеоритом. В этой россыпи не раз попадались кусочки железа и лимонита. Никаких данных считать их метеоритами нет.

ского[1], все это железо метеоритное, но доказательством этого является только нахождение в нем Ni. По его мнению, такое железо находится не в одной этой россыпи, «а в целой окрестной стране». Его принимают за частицы, происходящие от поломки железных орудий, и не обращают на него внимания. В *Мариинском у.*, в бассейне р. Кии[2].

В *Енисейской губ.*, в *Енисейском у.*, в Успенском прииске (по р. Безымянке, притоку р. Удерея), попадаются нередко кусочки самородного железа, «имеющие вид обломков, отпавших от большой ноздреватой массы»[3]. В системе р. Мурожной[4]. В золотоносных россыпях в долине р. Аяхты (приток Большого Пита)[5]. В *Минусинском у.*, по р. Тарбагатаю (приток р. Ирды), в россыпях (с октаэдрами магнетита), — может быть, остатки от орудий добычи[6].

В *Иркутской губ.*, *Иркутском у.*, в береговых песках р. Оноты (приток р Белой) — пластинки никелистого железа (октиббегита) с Pt и Au[7].

В *Якутской обл.*, в шлихе Свято-Иннокентьевского прииска, по ключу Таренак (левый приток р. Атыркан-Бирекан), указаны «различные железные куски (обломки кайл, гвоздей и пр.)»[8].

Железо обычно в шлихе Благовещенского прииска (р. Накатами-Бодайбо). Происходит, по мнению В. А. Обручева, из орудий работы (кайл и т. д.)[9].

О железе в Нахтуйских золотоносных россыпях Гинзбурга — см. Траутшольд, 1876, стр. 636.

Неясно, не наблюдается ли самородное железо в Алазейском хребте, *Колымский окр.*[10].

О предполагаемом самородном железе в *Урянхайском крае*, из хр. Танну-Ола, на р. Ургайлык-Чинге, — см. Баклунд и Хлопин, 1915, стр. 891 (анализ).

64. Диагностика самородного железа. Неплавко перед паяльной трубкой (тэнит плавится в тонких осколках и темнеет). Твердость 4—5. Уд. вес 7—8 (октиббегит 8—8,1). Спайность совершенная по {100}. Светлосерый металлический блеск. Ковко. Разбавленная HCl и H_2SO_4 растворяют с выделением H; богатое Ni железо разлагается труднее. Стекла на Ni и Fe. Для отличия аваруита, камасита и тэнита необходимо количественное определение Ni. Магнитно.

---

[1] Щуровский, 1846, стр. 161—162. Ср. Erman, 1841, стр. 314 и сл.

[2] Коллекции Института сельского хозяйства в Москве (1898); в районе скоплений лимонита (по сообщ. Я. В. Самойлова). По пробе Н. И. Сургунова, Ni не содержит.

[3] Гофман, 1844 (2), стр. 396.

[4] Коллекция СПб. университета.

[5] Латкин, 1867, стр. 504.

[6] Коллекция Академии Наук. Доставлено А. П. Карпинским.

[7] Ячевский, 1907. Анализ у него же, 1909, стр. 70.

[8] А. Герасимов, 1907 (2), стр. 106.

[9] В. Обручев, 1910, стр. 159.

[10] Ф. Врангель говорит про Алазейский хребет: «С восточного, довольно отлогого (ската) сливаются протоки Алазеи. В последних находится много железа хорошего качества. Якуты выделывают из него ножи, топоры и другие изделия» (Вранге ль, 1841, стр. 216). Это железо было принято Партчем за метеоритное (Partsch, 1843, стр. 144). По этому поводу любопытны указания Врангеля, приводимые Эйхвальдом: «Г. Врангель меня лично уверил, что это железо, которого он сам никогда не видел и которое якуты употребляют весьма часто на все свои инструменты, не может быть метеорического происхождения, но, вероятно, составляет железную руду, находящуюся на Алазейском хребте близ р. Индигирки» (Эйхвальд, 1844, стр. 107). Ср. Эйхвальд, 1845, стр. 50. Кажется, после Врангеля в этих местах никто не был. Ср. § 61.

Микроскопическое железо открывают, обрабатывая порошок породы, хорошо промытый водой, подкисленной H_2SO_4, — раствором $CuSO_4$, подкисленным H_2SO_4; выпадает медь, которую можно видеть под микроскопом в отраженном свете. Октиббегит и аваруит этой реакции сразу не дают. Раствор борновольфрамовокислого кадмия (жидкость Клейна) в присутствии такого порошка принимает темный фиолетовый цвет.

Природные платина — иридий — палладий — железо

Платина. Альфа-ферроплатина. Бета-ферроплатина. Поликсен. Альфа-поликсен. Бета-поликсен. Иридий. Иридистая платина. Палладистая платина. Альфа-палладистая платина. Бета-палладистая платина. Палладий

65. Химический состав. Самородное состояние — наиболее характерная и главная форма, в какой встречаются в природе элементы платинового ряда: Pt, Pd, Rh, Ru, Os, Ir. К ним должно быть прибавлено Fe, которое в самородном состоянии встречается в двух видах — с никелем и с платиной[1].

Несмотря, однако, на такое исключительное значение в химии этих элементов и несмотря на огромную техническую важность их для человека, минералы, сюда относящиеся, известны чрезвычайно недостаточно. На каждом шагу мы наталкиваемся на огромные пробелы в нашем знании.

Глубокий научный и практический интерес, связанный с этими металлами, не дал все-таки возможности в течение 150 лет выяснить, даже с внешней стороны, свойства природной платины, этого, по выражению одного старинного русского натуралиста, «совершеннейшего чада тяжести и тьмы»[2]. Химия природной платины для нас во многом загадочна.

Обыкновенно соединяют вместе Pt, Pd, Ir, Rh, Ru и Os. Легко, однако, убедиться, что свойства двух последних элементов резко отличны от Pt и Pd. Их соединение в одну группу основано на недоразумении. В природе они никогда не встречаются в одних и тех же минералах, но минералы, их заключающие, нередко находятся вместе, может быть, иногда дают тонкие закономерные смеси (§ 70). Рутений до сих пор не встречен в минералах, богатых платиной[3], а осмий находится там в ничтожном количестве; как раз обратное явление наблюдается по отношению к железу и палладию; эти элементы встречаются в заметных количествах почти исключительно в платиновых минералах. Промежуточное положение занимают иридий и отчасти родий. Они входят в значительном количестве как в тела, богатые платиной, так и в тела, богатые осмием[4].

---

[1] О генетической связи ряда Fe, Pt, Ru, Rh и др. см. Tilden, 1910, стр. 133.

[2] Едва ли можно выразить ярче отличие современных научных интересов в этой области от тех, какие царили в ней 70 лет назад, как указанием на ту мысль, какую выражают следующие красивые слова выдающегося старинного русского натуралиста и врача: «Объемлещему вполне все произведения нашей Планеты не трудно представить постепенные переходы от платины, — совершеннейшего чада тяжести и тьмы — до человека, совершеннейшего организма, сияющего божественным светом» (Горянинов, 1835, стр. 9).

[3] Об отсутствии рутения уже упоминал Клаус. Ср. H. Sainte Claire Deville et H. Debray, 1860, стр. 526.

[4] Если проводить эту мысль до конца, то можно было бы думать, что мы в состоянии встретить здесь для природной платины три параллельных ряда: 1) Pt, 2) (Pt, Fe) и 3) (Pt, Pd). В этих рядах можно затем ожидать нахождения разностей, содержащих и не содержащих Ir и Rh, т. е. (Pt), (Pt, Ir), (Pt, Ir, Rh), (Pt, Rh), (Pt, Fe), (Pt, Fe, Ir), (Pt, Fe, Rh), (Pt, Fe, Ir, Rh) и т. д. Таким образом, можно ждать 12 разностей платиновых минералов одной и той же твердой фазы. Факты как будто этому соответствуют.

Такое резкое разделение в земной коре этих близких во многом элементов не отвечает нашим опытным данным. Повидимому, Pt—Ir—Pd—Rh дают друг с другом твердые растворы и смешиваются в сплавах во всех пропорциях[1]. Очевидно, характер природных металлов этой группы не может быть случайностью, хотя объяснить его мы не можем[2]. Это явление тем более любопытно, что оно находится в полном параллелизме с характером атомного веса этих элементов[3].

66. Точному познанию химического состава относящихся сюда минералов препятствует трудность химического анализа, которая не дозволяет сравнивать числа более ранних наблюдателей с современными. Но и точность современного анализа очень невелика. К тому же и обычные методы очищения и отделения вещества для анализа (тяжелые жидкости или оптические приемы) неприменимы для этих тяжелых и непрозрачных тел. Вследствие этого никогда нельзя быть вполне уверенным в чистоте материала, взятого для анализа[4].

Обычно берется для анализа руда этих веществ, т. е. порошки, взятые из россыпей (иногда различных); в этих порошках одновременно находятся зерна различных минералов, которые неотделимы при современных приемах исследования. А между тем микроскопическая структура отдельных зерен, природных сплавов очень сложна (ср. § 71). Нет ничего удивительного, что анализы дают крайне неполное представление об их химическом составе.

Благодаря такому характеру анализов мы находимся в настоящее время в недоумении о составе обычной платиновой руды, так называемой самородной платины, и не можем сказать, сколько различных минералов мы понимаем под этим названием.

Повидимому, в «самородной платине» находится их много. Один из самых точных работников над платиной, проф. И. Мухин (1842, стр. 133) пытался для уральской платины выделить восемь различных «зерен», отделяя их по богатству или бедности иридием и железом, по магнитности и по цвету. Но эти наблюдения не охватывают всех случаев, и в бразильской платине мы несомненно имеем новые типы, например, типы, богатые

---

[1] Опытов очень мало. См. Gürtler, 1906, стр. 427. Нельзя не отметить, что кривые, даваемые Гюртлером для иридия, как будто противоречат этому утверждению — для иридия есть две разные кривые.

[2] Не зависит ли это явление от присутствия осмия? Сплавы осмия, сколько знаю, не изучены, а между тем иридий дает с платиной иридистую платину (§ 69).

[3] Атомные веса [в квадратных скобках — атомные веса по таблице 1954 г.] идут следующими сериями: 1) Ru — 101,7 [101,1], Rh — 103,0 [102,91] и Pd — 106,5 [106,7], соответственно 2) Os — 191 [190,2], Ir — 193,0 [192,2] и Pt — 194,8 [195,23]. Минимальные по весу элементы каждой серии встречаются в природе вместе в одном минерале и не встречаются с максимальными по весу, и наоборот. Промежуточные же по весу в обеих сериях тела — Rh и Ir — встречаются как с Ru — Os, так и с Pt — Pd. Эта правильность, может быть, находится в связи с генезисом этих элементов. Если допустить и дальнейшие аналогии этих элементов с рядом Fe, Mn, Co и Ni, как делают Бильц (Biltz, 1902, стр. 563 и сл.) и другие, (например Kemp, 1902 (1)), то эта правильность исчезает. Бильц допускает периоды: 1) Fe и Mn, Os, Ru, 2) Co, Rh, Ir и 3) Ni, Pd, Pt, между тем как Fe находится в природе в соединении с Pt, а Ni, Mn и Co совсем не известны в минералах этого класса. Может быть, впрочем, это зависит от недостаточного химического исследования платиновых минералов. С другой стороны, химический характер осмия и рутения по существу резко отличается от других минералов платинового ряда, и вполне возможно, что мы имеем для осмистых минералов осмиды и рутениды иридия, а не изоморфную смесь (Os, Ru, Ir).

[4] Ср. ниже указания И. Мухина (1842, стр. 104), вероятно наиболее точного исследователя химического состава природной платины.

палладием[1], или чистую свободную платину[2]. Очень возможно, что придется выделить и медистые разности.

К сожалению, в настоящее время нет никакой возможности получить в этом отношении сколько-нибудь ясное и определенное представление, как это ни было бы важно и интересно с точки зрения генезиса самородной платины.

Недостаток анализов и малая однородность вещества, взятого для анализов, должны быть приняты во внимание при попытке выделить относящиеся к этой группе минералы. Мы можем сделать это с большими оговорками и сомнениями.

Пока приходится обращать внимание на содержание в самородной платине трех элементов — Fe, Ir и Pd, хотя нет ничего невероятного, что дальнейшие исследования заставят обращать больше внимания на родий и медь, чем мы это делаем в настоящее время.

67. По отношению к железу мы имеем совершенно различные разности платины. 1) не содержащую железа — бразильскую, частью почти химически чистую платину[3], частью содержащую палладий[4], и 2) железистую платину.

Эта последняя платина должна быть разделена на два резко различных типа — более бедный и более богатый железом[5]. Если взять все анализы железистой платины[6], то среди них можно выделить три типа: I) платина всех местностей, кроме Урала, бедная железом, II) светлая, бедная железом, главным образом уральская платина, III) богатая железом уральская платина[7].

---

[1] Hussak, 1904, стр. 459; 1906 (1), стр. 289.

[2] Wollaston, 1809, стр. 190.

[3] Wollaston, 1809.

[4] См. Hussak, 1904, стр. 459; 1906 (1), стр. 289 и сл.

[5] Опыты искусственных сплавов указывают, что Pt и Fe при высоких температурах смешиваются во всех пропорциях. При более низких — различаются два разных сплава с 0—50% Pt и 60—100% Pt, дающие кристаллы разных свойств. См. Isaak u. Tammann, 1907, стр. 64 и сл.

[6] Я пользовался сводкой Гинтце (C. Hintze, I, 1898, стр. 147—148) и Кемпа (Kemp, 1902 (1), стр. 18 и сл.). Анализы Гинтце за № 11, 20, 23, 43—45 были оставлены в стороне, частью как явно неточные, частью как сделанные над неочищенным веществом. Таким образом, имелось всего 42 анализа сырой платины. Приходилось пользоваться и старыми анализами, сделанными до работ Сент-Клер Девиля и Клауса. Числа перечислены на 100 за вычетом (Os, Ir) и примесей. Ср. еще анализ уральской платины Флоренса у Hussak, 1906 (1), стр. 286.

[7] См. предварительные анализы уральской платины из разных местностей (Ru, Rh, Ir, Pd, Cu определены валовым образом) у Duparc u. Holtz, 1910, стр. 498 и сл.; Duparc, 1911, стр. 48 и сл. Ими даны анализы платины: нижнетагильской (Висим, Сисим, Чауш, Крутой лог, Архиповский, Соловьевский, Белогорский), близка к ферроплатине, но железа меньше 16% (по Ису — 3 анализа — поликсен), Косьвинского камня (Тылай и Кытлым — ферроплатина?), Тылай-Каньяковского хребта (по р. Иову — ферроплатина), Гусевой (поликсен), Баранчи (по р. Шумихе — поликсен).

Дюпарк и Гольц указывают на колебание состава платины из разных мест и из одного и того же месторождения. Самородная платина из пироксенитов богата платиной (около 89%) и палладием (около 1%) — поликсен. См. также Koifman, 1915, стр. 22. Несомненно, богатая железом платина (III) имеется и в других странах, но нет ее полного анализа. Так, Pt из Нового Южного Валлиса после перечисления анализа ее, сделанного Мингэй, если отбросить невьянскит и кремнеземистый остаток, дает больше 11% Fe (Card, 1895, стр. 131; Jaquet, 1896, стр. 35; Kemp, 1902 (1), стр. 19—20). Бразильская платина из Рио-Абаэтэ дает не меньше Fe (в ней 9,62% Fe при 7,57% нерастворимого осадка). На то же указывает ее удельный вес — 17,5. К сожалению, вещество для анализа не очищено (см. Hussak, 1906 (1), стр. 287). Образчики платины из бассейна Рио-Ла-Платы в Бразилии в старинной коллекции Московского университета (см. «Указатель коллекций Моск. унив.», М., 1826, стр. 72) неотличимы от богатой железом нижнетагильской платины; они магнитны.

Ниже приведены анализы платины этих трех типов с указанием числа анализов.

	Количество анализов	Pt	Fe	Pd	Rh	Ir
I	22	79,8—89,7	4,9—10,3	0,1—2,5	0,7—3,7	0 —4,6
II	11	77,7—84,7	11,0—12,2	0,3—1,5[1]	0,3—4,6	0,6—5,4
III	8	73,0—76,4	15,9—19,7	0,2—0,3	1,3—3,8	Сл.—1,4[2]

Cu	Mn	Pb	Os	Hg	Ni
Сл.—3,8[3]	0—0,3	0—0,6	0—1,3	0—0,8	0—0,8[4]
0,4—4,2	—	—	—	—	—
0,3—3,8	—	—	—	—	—

Обращаясь, однако, к этим числам, можно убедиться, что II группа, по всей вероятности, является смесью I и III групп и что в ней мы имеем смесь обычной, более бедной железом платины (поликсена) с ферроплатиной, богатой железом. Это несомненно для уральской платиновой руды. Некоторые анализы американской платины указывают на такой же ее характер[5]. Для Урала обычная «светлая» платина состоит в главной своей части из типа I, а «темная» платина из типа III, но между ними есть переходы.

Таким образом, для железистой платины мы имеем два типа: 1) немагнитная платина с 80—88% Pt и 6—10% Fe — поликсен, и 2) часто (но не всегда) магнитная платина — ферроплатина с 73—78% Pt и 16—20% Fe[6].

Анализы уральской платины[7]

	Нижний Тагил	(среднее)	Река Ис (среднее)	Река Омутная (среднее)
Os—Ir	1,11— 1,40	1,44	4,47	10,88
Pt	77,81—79,30	77,55	85,10	77,61
Ir	1,86— 2,90	2,56	1,38	6,39
Rh	0,42— 0,57	0,52	0,30	0,43
Pd	0,18— 0,26	0,26	0,30	0,32
Cu	2,76— 3,34	3,25	0,63	1,95
Fe	13,46—13,84	14,46	7,86	2,60
		100,04	100,04	100,18 (почти иридистая платина)

Валовой анализ сырой платины из дунитового массива[8]

Pt	Ir	Rh	Pd	Cu	Fe	Ni
73,1—91	0,3—5,4	0,2—3,8	0,1—1,4 (6,1)	0,2—5,4	7,5—20,1	Сл.—1,2

Au	Os	Ag	Mn	Осм. плат.
Сл.—0,4	Сл.—0,06	Сл.—0,1	Сл.	0,2—11 (14?) %

[1] В одном случае 3,1% Pd—см. P. Collier, 1881, стр. 124.

[2] Анализ № 41—5,1% иридия (Мухин, 1842).

[3] Есть Pt, гораздо более богатая медью, —до 5,4%.

[4] Нахождение Ni, к сожалению, не может считаться доказанным. Его нашел Террейль в нижнетагильской платине (0,75%), но образец был очень нечист и заключал 3,33% осмистого иридия, 3,13% хромистого железняка. Эта платина чрезвычайно богата Cu — 3,14%. См. Terreil, 1876, стр. 482—483.

[5] Ср. P. Collier, 1811. Нахождение зерен магнитной Pt среди немагнитной бразильской см. Osann, 1826, стр. 505. Ср. Hussak, 1904, стр. 467.

[6] Впервые это различие установлено Соболевским и Любарским. См. Соболевский, 1827 (2), стр. 96.

[7] Koifman, 1915, стр. 34.

[8] Высоцкий, 1913, стр. 296.

Анализы поликсена

	α-поликсен[1]			β-поликсен	Медистый α-поликсен
	1	2	3	4	5
Pt	86,3—90,0	86,32	86,3	90,6—91,1	84,0
Ir	1,1—1,8	0,42	1,5	0,4—0,5	2,3
Rh	0,2—0,8	1,04	4,0	0,1—0,3	0,2
Pd	0,2—1,3	0,30	1,6	0,5—0,7	0,1
Cu	0,4—1,43	0,80	0,2	0,3—0,5	3,9
Fe	6,0—10,3	7,55	5,9	7,2—7,4	9,3
Ni	0,04—0,1	0,04	—	0,1	0,1
Au	—	1,12	0,4	—	—
OsIr	—	1,46	Следы	—	—
Сумма	—	99,05	99,54	—	99,9

1, 4 и 5 — анализы самородков уральской платины, выполненные Б. Карповым и Н. Нагорновым (Жемчужный, 1921, стр. 417 и сл.); 2 — анализ α-поликсена из Петропавловска, Иоаннкрестительского прииска (Б. Карпов, 1916, стр. 267); 3 — анализ α-поликсена из Новой Зеландии, за вычетом 14,3% OsIr (Holtz, см. Farquharson, 1911).

68. Другую характерную составную часть платины составляет иридий. Не считая бразильской чистой платины, указанной Волластоном, уже Берцелиус не нашел иридия в некоторых образцах гороблагодатской богатой железом платины[2]. Эти работы были подтверждены исследованиями И. Мухина. И. Мухин (1842, стр. 108) выделил зерна платины (гороблагодатской), заключающие лишь следы иридия[3], причем он доказал для нее существование обеих разностей — поликсена и ферроплатины. Таким образом, мы имеем разности платины, названные мной β-ферроплатиной и β-поликсеном. Еще раньше Брейтгаупт[4] нашел среди зерен уральской платины минерал, принятый им сперва за чистый самородный иридий. Аналогичное тело было найдено в бразильской платине[5], однако оно гораздо беднее иридием. Оба эти тела оказались состоящими из платины и иридия. К сожалению, имеется всего два очень старых анализа этих тел (Сванберга в 1835 г.) и едва ли можно считать их очень точными[6].

---

[1] Анализ α-поликсена с Мадагаскара см. Lacroix, 1922, стр. 159.

[2] Berzelius, 1829 (2). Этот вывод оспаривался Клаусом, см. Клаус, 1844, стр. 129. Клаус всегда находил иридий в гороблагодатской платиновой руде.

[3] Весьма возможно, что эти следы зависят от неполного отделения осмистого иридия или иридистой платины.

[4] Брейтгаупт, 1833, стр. 297.

[5] Происхождение этой платины неясно. См. Hussak, 1904, стр. 439—440.

[6] Самородный иридий: 76,8% Ir, 19,64% Pt, 0,89% Pd, 1,78% Cu. Иридистая платина: 55,44% Pt, 27,79% Ir, 6,86% Rh, 0,49% Pd, 4,14% Fe, 3,30% Cu, сл. Os. Svanberg, 1835, стр. 86; Berzelius, 1836, стр. 205. Может быть, верны указания Гуссака на вероятное нахождение в этой анализированной Сванбергом ири-

По этим анализам, самородный иридий заключает около 77% Ir и 20% Pt и не содержит железа, а иридистая платина содержит 27,8% Ir, 55,4% Pt, 6,9% Rh и 4,1% Fe. По характеру примесей (родия и железа) иридистая платина приближается к обычной железистой платине[1].

Наконец и для лишенной железа палладистой платины мы тоже имеем, вероятно, по крайней мере две разности — богатую и бедную палладием. Одна из них из Кондадо в Серро, в штате Минас-Жераис, дает следы —0,1% Fe и 21,8% Pd. Другая заключает следы железа и 3—3,6% Pd[2]. Но анализы этого типа платины очень неполны[3].

Однако эти обычные примеси не охватывают всего разнообразия в составе природной платины. В ней заключаются еще в небольших количествах Mn[4], Pb[5] очень вероятно Ag[6], Tl[7]. Чрезвычайно характерно нахождение меди, количество которой достигает нескольких процентов[8].

69. Сводя эти, как мы видим, очень недостаточные данные и обращая внимание лишь на главные составные части, можно в настоящее время отметить следующий ряд платиновых минералов:

1. Платина . . . . . Pt
2. Палладий[9] . . . . . Pd

дистой платине палладия, так как удельный вес ее необычайно мал для иридистой платины. Сванберг дает уд. вес 16,94, палладистая платина имеет уд. вес 15—16, иридий и иридистая платина — 21—22. Если эта мысль подтвердится, то формула иридистой платины будет (Pt, Ir, Fe, Pd). Нельзя, однако, не заметить, что Сванберг искал палладий и нашел его очень мало (0,49%). Не было ли в этом минерале какого-нибудь другого, может быть нового, элемента? (См. Holtz, 1912, стр. 559; есть возражения Дюнарка). Любопытно, что Сванберг получил материал для исследования от Волластона, который принял его за осмистый иридий.

[1] Старые анализы светлой иридистой платины (Нижний Тагил) дали за вычетом осмистого иридия: Pt — 41,37 и 36,10%, Ir — 24,42 и 46,59% (Козицкий, 1844, стр. 171). Иридистая платина из Борнео содержит 28,9% Ir, 58,3% Pt, 3,9% Rh, 4,2% Fe, 1,2% Cu, 1,8% Os, 0,5% Pd (Черник, 1912, стр. 8).

[2] Hussak, 1906 (1), стр. 289.

[3] Есть, должно быть, еще одна палладистая разность, открытая на Урале Н. Высоцким, богатая железом. По его сообщению, она содержит [по анализу Б. Карпова (Верещагина?)]: Pt 76,62%, Ir 1,12%, Rh 0,33%, Fe 12,19%, Pd 5,95%, Au 0,05%, Cu 0,90%. Нераств. остаток 2,60%. Было бы чрезвычайно интересно ближе изучить эту новую разность платины (ср. § 80).

[4] Berzelius, 1829 (2), стр. 207. Ср. § 81.

[5] Вильм, 1882, стр. 10.

[6] H. Sainte Claire Deville et H. Debray, 1859, стр. 457. Оригинальный сплав Au, Ag и Pt в платине из Французской Гвианы, повидимому, представляет срастание Pt с (Au, Ag). См. Damour, 1861, стр. 689. Ср. § 94.

[7] О нахождении таллия в платине см. H. Warren, 1887, стр. 241; Вернадский, 1909, стр. 828.

[8] О постоянном нахождении меди в продажной платине см. Klatt u. Lenard, 1904, стр. 640. О нахождении Ni и Co в платине см. Pina de Rubiis, 1916, стр. 475; 1917, стр. 143.

[9] Самородный палладий был указан из Бразилии Волластоном (см. Wollaston, 1809, стр. 193). Он заключал следы иридия. Гуссак (Hussak, 1906 (1), стр. 290), не встретив его, предполагает, что это не что иное, как палладистая платина. Такое заключение поспешно. Точно так же раньше отрицалась и платина без железа в конкрециях, указанных Волластоном (см. § 71). Самородный палладий, привезенный экспедицией Кастельно из Бразилии, был в руках Дамура, который нашел в нем много меди и серебра. О платине Дамур не упоминает (см. Castelnau, 1851, стр. 436). По описанию Дамура, этот палладий (из Гонгко-Соко) представляет «очень легкие слюдистые пластинки». Недавно палладий найден в Австралии (Гоуэн-Грин в Новом Южном Валлисе) в виде очень редких мелких шариков (buttons). По пробе Мингэй, в нем оказалось Au и Ag, но платины не было (Mingaye, 1905, стр. 183). О палладии в Чоко см. Codazzi, 1905, стр. 33.

3. Аллопалладий . . . . . Pd
4. Иридий . . . . . (Ir,Pt)
5. α-палладистая платина . . . . . (Pt,Pd)
6. β-палладистая платина . . . . . (Pt,Pd)
7. α-ферроплатина . . . . . (Pt,Fe, Ir)
8. β-ферроплатина . . . . . (Pt,Fe)
9. α-поликсен[1] . . . . . (Pt,Fe,Ir)
10. β-поликсен . . . . . (Pt,Fe)
11. Иридистая платина . . . . . (Pt,Fe,Ir)

Вероятно, эти разности далеко не охватывают всего разнообразия относящихся сюда тел, и лишь ближайшее изучение этой столь слабо исследованной группы минералов даст нам возможность сделать дальнейшее разграничение и выяснить ближе историю этих своеобразных элементов.

Дать числовые данные в настоящее время возможно лишь в виде гипотетической схемы. Дальнейшие работы заставят принять или отбросить ее. Схема эта предположительно может быть следующая.

	Pt	Fe	Ir	Pd
1. Платина	100	0	0	0
2. Иридий	20	0	77	0
3. α-ферроплатина	71—78	16—21	1—4,5	0,2—0,8[2]
4. α-поликсен	80—90	6—10	1—5,5	0—2,5[2]
5. β-ферроплатина	73—78	16—20	0	?
6. β-поликсен	80—90	6—10	0	?
7. Иридистая платина	56	28	4	0
8. α-палладистая платина	73—74	0	0,1—0,9	21,8[3]
9. β-палладистая платина	83—84	0	1,3—3,6	3,0—3,7[4]

Природная платина почти не изучена по отношению к заключающимся в ней г а з а м[5]. Надо думать, однако, что они в ней находятся, ибо не только губчатая платина, но и плотная искусственная платина при известных условиях легко поглощает газы[6]. Изучение газов природной платины очень важно и для выяснения ее генезиса.

70. Помимо чисто химических примесей, для платины очень характерны в к л ю ч е н и я, несомненно, тесно связанные с ее генезисом.

Из таких включений прежде всего обращают на себя внимание микроскопически мелкие включения прозрачных и просвечивающих гексагональных пластинок о с м и с т о г о и р и д и я, повидимому его темной разности (ср. § 90)[7]. Эти выделения были замечены уже старинными наблюдателями[8]. При осторожном действии царской водкой на некоторые раз-

[1] Название дано Гаусманом в отличие от чистой платины, описанной Волластоном; см. H a u s m a n n, 1813, стр. 97.

[2] По данным Г. Черника (1912).

[3] Ср. § 68, прим. 2.

[4] Нет полных анализов. См. H u s s a k, 1906 (1).

[5] Газы в платине были изучены Рамзаем (R a m s a y, 1895 (2), стр. 688): в платине из Бразилии найдены следы кислорода, в платине из «Сибири» (Урала) — следы азота и в большем количестве кислород. Это нахождение кислорода крайне интересно и необычно; необходимы новые определения.

[6] См. литературу и сводку данных для искусственной платины у S i e w e r t s, 1907, стр. 184.

[7] Есть только качественная проба Деринга, нашедшего в них следы Pt, немного Cr, Fe, Al, много Os и довольно много Ir; см. R. B e c k, 1907, стр. 395.

[8] Уже в 1799 г. Пруст (P r o u s t, 1801, стр. 167; на испанском языке работа вышла в 1799 г.). Ср. также B e r z e l i u s, 1844, стр. 421; М у х и н, 1842, стр. 79. Мухин указывает, что эти блестки осмистого иридия притягиваются магнитом. В этом отношении они напоминают загадочный ирит Р. Германа. Об ирите см. Р. Г е р м а н, 1841, стр. 276. Ирит в коллекции проф. Ауэрбаха в Институте сельского хозяйства в Москве, полученный от Германа, действительно, под микроскопом почти идентичен с осмистым иридием от растворения платины.

ности платины, например, сильно магнитной платины из Нижне-Тагильского округа [1] или Александровского прииска Гороблагодатского округа, можно получить из зерна Pt кристаллический скелет, состоящий из гексагональных пластинок (Os, Ir), правильно расположенных. Этот скелет совершенно соответствует по форме зернышку платины, взятой для обработки кислотой. Можно убедиться, что кроме пластинок здесь находятся и другие выделения — волосатые металлические нити, нерастворимые в царской водке, принадлежащие, повидимому, тому же самому телу, ибо при больших увеличениях они оказываются состоящими из вытянутых очень мелких, параллельно сросшихся гексагональных пластинок того же тела. Аналогичные образования описаны для бразильской платины (из Абаэтэ) [2].

Явление это отчасти объясняется закономерным срастанием платины и осмистого иридия. По наблюдениям Гуссака [2], в кубических кристаллах платины эти пластинки расположены по плоскостям {111}. Однако, несомненно, помимо такого срастания осмистого иридия с платиной, мы имеем здесь указания на еще более важный процесс — на цементирование платиной осмистого иридия (§ 89). Вначале выделяется скелет (губчатая масса) из кристаллов осмистого иридия и позже среди нее начинается выделение платины. Такой скелет осмистого иридия может быть выделен царской водкой из зернышек платины, которая заполняет все промежутки между пластинками осмистого иридия. Мы имеем здесь образования двоякого рода. С одной стороны, — платину с немногими кристаллами (Os,Ir), с другой — (Os,Ir), цементированный платиной. Все это указывает на то, что Os — Ir и Pt — Fe дают два тела, изоморфно не смешивающиеся. Очень возможно, что Os в анализах платины (§ 67) происходит из таких включений.

Чрезвычайно любопытны еще включения иного рода, выделяемые царской водкой, — микроскопически мелкие кристаллы {111} и {111}·{100} металлического черного тела, сильно магнитного (титаномагнетита?), наблюдаемые, например, в нижнетагильской платине. В других случаях наблюдаются включения {111} хромита [3]. Кроме таких включений, для платины очень характерны много раз описанные ее срастания с золотом [4].

71. Физические свойства. В отличие от (Fe,Ni) эти тела встречаются в виде отдельных кристаллов, нередко имеющих ясную форму многогранников; кристаллы эти крайне мелки, большей частью микроскопической величины. Однако встречаются и сплошные массы этих тел, так называемые самородки, достигающие для ферроплатины и поликсена (где они чаще, чем для иридистых и палладистых разностей) иногда значительных размеров; например, самородки из Нижне-Тагильска или Крестовоздвиженских россыпей превышали 8 кг [5] (рис. 11) [6].

Строение этих масс, самородков, аналогично строению самородного железа. Они состоят из древовидных сростков мельчайших кристаллов платины, в конце концов образующих своеобразную губчатую массу, между ветвями которой могут быть захвачены газы и посторонние тела [7] (ср. рис. 14).

---

[1] Ср. Hussak, 1906 (1); R. Beck, 1907, стр. 393 и сл.

[2] Hussak, 1906, (1).

[3] Kemp, 1902 (1), рис. табл. II; R. Beck, 1907, стр. 393.

[4] М. Карпинский, 1840 (1), стр. 65—66; Kemp, 1902 (1), стр. 22 (рисунки).

[5] Соболевский, 1835, стр. 527—528.

[6] Фотографию большого самородка из Нижне-Тагильских россыпей см. у Haidinger, 1859, стр. 345.

[7] О строении самородков ср. Daubrée, 1875, стр. 528; Liversidge, 1897 (1), стр. 76; Isaak u. Tammann, 1907, стр. 71; R. Beck, 1907, стр. 390 и сл. В 1908 г. горный инженер Конради делал доклад в СПб. минералогическом обществе

При шлифовке такая платина дает зернистую (брекчиевидную) структуру, аналогично (Fe, Ni). Можно убедиться, что строение зерен неодинаково и что мы имеем здесь дело с несколькими сплавами (Pt, Fe...)[1]. В этих самородках всюду находятся силикаты (оливин и серпентин); при растворении самородка получается легкий скелет кремнезема, сохраняющий вполне форму самородка (ср. § 46).

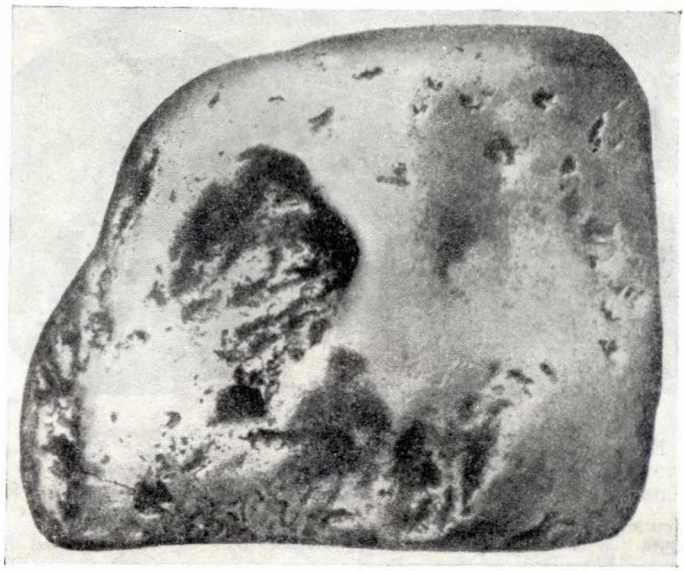


Рис. 11. Самородок платины, найденный в 1904 г. в логе по р. Ису, около впадения р. Малой Простокишенки (прииск Шуваловых). Вес 8,4 кг. Уд. вес 18,06. Уменьшено

В этом отношении получается явление, очень напоминающее «стеклянные головы». Платина из Нижне Тагильских россыпей дает такие скелеты самородков очень легко.

Такой характер самородков тесно связан с их генезисом. В коренных месторождениях платины металл образует постоянно цемент в некоторых участках породы, располагаясь в виде губчатой массы среди силикатов. В этом отношении (Pt,Fe) вполне аналогична (Ni, Fe) (§ 46). На отшлифованных пластинках такие выделения платины дают очень характерные фигуры, вполне отвечающие железу (рис. 12)[2].

Для платины и палладистой платины наблюдаются также конкреционные формы; иногда они проявляются в виде ясных сталактитов (рис. 13), имеющих радиально-лучистое строение[3].

Образование этих конкреционных форм очень важно с точки зрения парагенезиса платины. Оно несомненно указывает на то, что платина (и палладий) при известных условиях находятся в природе в форме коллои-

о структуре платины на основании того же материала, часть которого попала к Бекку. Рисунки даны у Бекка, Ливерсиджа и т. д.

[1] См. R. Beck, 1907, стр. 391 — для качканарской платины и для сплава.

[2] О них см. Иностранцев, 1895; Meunier, 1899, стр. 157 и сл.

[3] Wollaston, 1809, стр. 196 и сл.; Bournon, 1813; Hussak, 1904, стр. 452 и сл.; 1906 (1), стр. 290.

дальных растворов. Сгустки таких коллоидов дают нам конкреции, позже принимающие кристаллическое сложение[1].

Обыкновенно мы находим эти минералы (§ 79) во вторичном залегании, когда они уже подверглись значительному механическому истиранию; вследствие этого форма их зерен редко когда резко сохраняется, они пре-

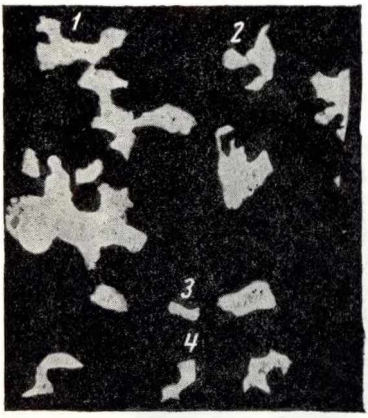


Рис. 12. Выделение платины в дуните Соловьевых гор. Отшлифованная поверхность

Черное — силикаты; белое (*1—4* и др.)—платина. По Иностранцеву, 1895

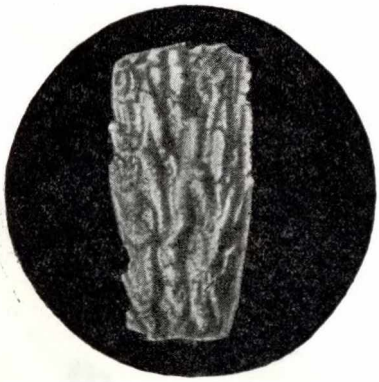


Рис. 13. Платина из Бразилии. × 100.

По Гуссаку, 1904

вращаются в окатанные зернышки, чешуйки, пыль и т. д., а самородки более или менее истираются и их древовидное срастание выражается лишь в своеобразном неровном губчатом виде (рис. 14).

72. Платина и иридий кристаллизуются в правильной системе [в строении $3\,L^4\,4L^3\,6L^2\,9Pc$], причем кристаллы редки[2]. В платине господствует главным образом {100}. Чрезвычайно характерны параллельные, очень разнообразные сростки кубических вытянутых кристаллов платины (рис. 15). Образование этих своеобразных сростков едва ли позволяет принимать для платины выделение ее непосредственно из магмы. Двойники Pt довольно часты, главным образом двойники срастания по {111}, а также двойники прорастания по {100} с углом поворота в 90° (рис. 16). Нахождение этих последних двойников исключает возможность голоэдрии правильной системы.

Кристаллы платины чрезвычайно деформированы и большей частью их плоскости не дают полного, согласно с симметрией, числа граней (рис. 15—17). Характер этой деформации несовместим с нахождением в платине трех осей симметрии 4-го порядка. Получаются явно ромбические формы, как видно из приведенных рисунков Еремеева[3].

---

[1] К сожалению, форма сгустков коллоидальной платины не изучена. О свертывании растворов платины см. Freundlich, 1903, стр. 129.

[2] [Первоначально ее относили к гемиэдрии]. О возможной другой полиморфной разности Pt при температуре выше 1400° см. Isaak u. Tammann, 1907, стр. 68.

[3] О кристаллической форме см. Еремеев, 1879, стр. 155 и сл. Параллельные сростки Pt, полые внутри, были описаны уже Бурноном; см. Bournon, 1813, стр. 199—200.

Кристаллическая форма иридия неясна. Повидимому, это тело кристаллизуется в строении $3\lambda^2\ 4L^3\ 6P$, на что указывает характер его спайных сростков (рис. 18). Спайность идет, повидимому, по тетраэдру. Его

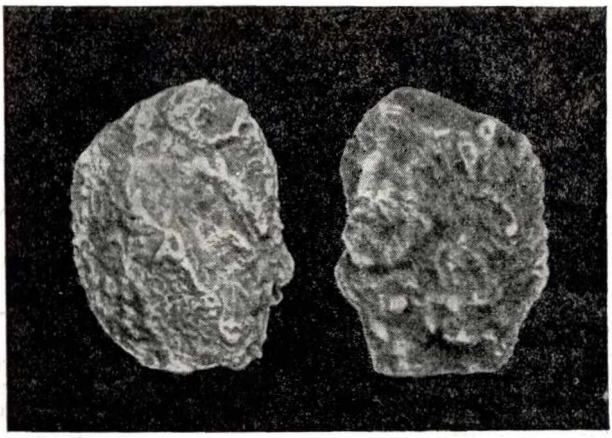


Рис. 14. Самородок платины с Авроринского прииска Нижне-Тагильского окр. 1/1. Сфотографировано с двух сторон. Препаратор Петц.

Коллекция Академии Наук

кристаллы не измерены. Наблюдаются двойники того же характера, как и для платины. [Кристаллы палладия кубической системы и того же класса, что и платина, $a = 3{,}88$. Кристаллы аллопалладия не измерены; они — гексагональной или тригональной системы].

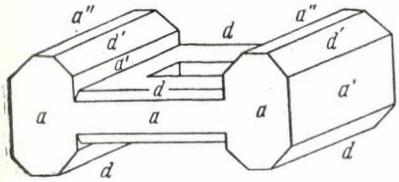


Рис. 15. Параллельные сростки платины из уральских россыпей.

По Еремееву, 1879
$a, a' \ldots \{100\}$, d, d' $\{110\}$

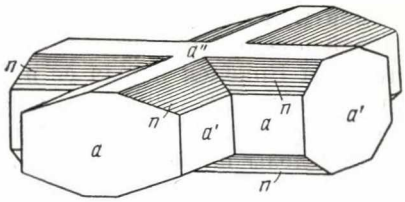


Рис. 16. Двойник прорастания платины из уральских россыпей.

По Еремееву. 1879
$a, a' \ldots \{100\}$, $n \ldots \{310\}$

Для родия при температуре ниже 80 °C существует, повидимому, другая разность[1].

73. Из других физических свойств этих тел необходимо остановиться на их магнитности. Уже первые исследователи платины указали на то, что зерна ее иногда магнитны[2]. Позже найдены были куски природной платины, которые оказались полярно магнитными[3]. Причина этого

[1] Broniewski et Hackspill, 1911, стр. 816.
[2] См. Brownrigg, 1752; Scheffer, 1752, стр. 276.
[3] Berzelius, 1828, стр. 564; Greiss, 1856, стр. 180. Сильнее магнетита. Кокшаров, 1867, стр. 199; Daubrée, 1875, стр. 527.

явления неясна. Опыты Добрэ[1] показали, что хотя сплавы Pt с 50—99% Fe и магнитны, но полярной магнитностью не обладают. Причину магнетизма искали как в железе, так и в иридии[2]. Последняя причина должна быть исключена, так как β-ферроплатина является также магнитной. Анализы Мухина (1842, стр. 107 и сл.), с другой стороны, ясно указывают, что

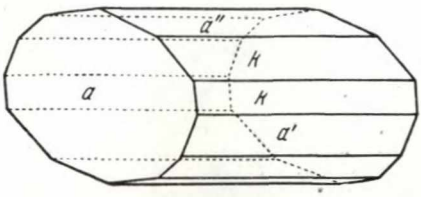


Рис. 17. Кристалл платины из уральских россыпей.

По Еремееву, 1879
k {210}, a, a'... {100}

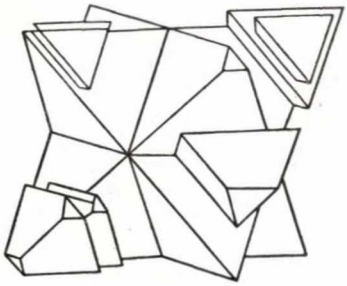


Рис. 18. Сростки тетраэдров иридия из уральских россыпей.

По Еремееву, 1879

ферроплатина иногда не магнитна. Однако он доказал, что достаточно расплющить зерна ферроплатины и даже поликсена, чтобы они получили магнитность. После прокаливания они опять ее теряют. Вероятнее всего, это явление вторичное, но разности, богатые железом, намагничиваются чаще и прочнее.

74. Нахождение в земной коре. Минералы эти долгое время были известны главным образом во вторичных месторождениях, россыпях, почему даже самые общие условия их генезиса не были точно установлены.

В ничтожных количествах, открываемые только химическим путем, элементы эти широко распространены в природе. По крайней мере мы можем утверждать это по отношению к платине. Уже в самом начале XIX столетия Вокелен нашел ее в блеклой руде из Эстремадуры в Испании[3]; позже работы Д'Аржи, Виллена и особенно Геймара[4] указали на ее широкое распространение в самых разнообразных породах и минералах земной коры. Следы платины были открыты Геймаром в железе, получаемом из различных сидеритов Франции, в самих сидеритах, в некоторых альпийских известняках, цинке, выделенном из цинковой обманки Пуап (департамент Изер), в малахитах, блеклых рудах и т. д. Эти работы французских ученых нашли отголоски и в Германии[5]. Такая платина констатирована и на территории России, например, в колчеданах Верх-Исетских заводов[6].

Платина найдена как в чисто механических, детритовых осадках, так и в осадках химического характера. Ее ничтожные следы, широко рассеян-

---

[1] Daubrée, 1875, стр. 528 и сл.

[2] Rose, 1842 (1), стр. 389.

[3] Vauquelin, 1806, стр. 317. Другие платиновые элементы отсутствовали.

[4] D'Argy et Villain, 1834, стр. 102. Данные Д'Аржи и Виллена о нахождении платины были проверены Беккерелем и Бертье. Gueymard, 1849, стр. 495; 1854, стр. 163. Наблюдения Геймара были подтверждены проверкой Эбельмена (Ebelmen, 1861 (1), стр. 320 и сл.).

[5] См. литературу у Péchard, 1906, стр. 649. О распространении платиновых металлов см. Dickson, 1905, стр. 192.

[6] Каттерфельд, 1905, стр. 6.

ные в поверхностной пленке земной коры, проходят затем ряд ближе нам не известных изменений и платина концентрируется вековыми процессами в некоторых химических отложениях поверхностной части литосферы. В истории целого ряда соединений мы увидим примесь платины, проходящую тот же цикл развития, как и данный минерал. Так, в группе самородных элементов она наблюдалась в Fe-Ni, Au, Ag, амальгаме и т. д.

Широкое распространение платины среди соединений других металлов видно по ее нахождению в искусственных металлических сплавах, выделенных человеком, например, в бульоне золота и серебра монетных дворов. В каком виде рассеяна вся эта платина, неясно.

Для самородной платины можно отметить два типа месторождений — выделения из водных растворов[1] и магматические выпадения.

75. К первому типу относятся как жильные месторождения платины, так и скопления ее в наружной пленке земной коры. Есть несколько загадочных случаев ее парагенезиса, которые тоже, может быть, относятся сюда же. Жильные месторождения платины известны давно. Так, уже в 1826 г. Буссенго[2] нашел видимую платину вместе с золотом в железной шапке золотоносных жил, содержащих гидраты окиси железа, глину и кварц, прорезающих сильно разрушенный сиенит в Санта-Роза-де-Орос в Антиохии, в Колумбии. В 1850-х годах Джервис нашел ее в кварцевой жиле среди тех же сиенитов, но менее измененных. Жила не содержала золота. Через несколько лет после Буссенго Нефедьев[3] нашел платину в коренной породе Березовска на Урале; зернышки ее были получены вместе с золотом при протолочке и промывке березита, проникнутого кварцевыми жилами. В аналогичных условиях платина наблюдалась в Бразилии в штате Парахиба, в золотоносных кварцевых жилах[4]. Аналогичные факты известны для золотоносных кварцевых жил из Руве в Конго[5] и других мест земной коры[6].

В недавнее время открыты кварцевые жилы, без Au, богатые пиритом и содержащие Pt и Ag, на южном острове Новой Зеландии, в окр. Уэстленд (около р. Теремакау). Жилы эти проходят в оливиновой породе, не содержащей платины[7].

76. Помимо таких месторождений явно жильного характера, самородная платина наблюдается и в области выветривания земной коры.

Здесь мы наблюдаем частью выделение ее из очень своеобразных образований, может быть связанных с диатремами, т. е. с магматическими процессами; частью она выпадает из поверхностных вод. Первый случай представляет ее нахождение в своеобразных колодцах (диатремах?) источников Литл-Дарлинг-Крик и Мьюлга в Брокен-Хилл (рис. 19) в Австралии; здесь в верхних, богатых лимонитом частях она собирается даже в относительно значительных количествах[8]. Генезис этой платины неясен. Очень вероятно, что она находится здесь в породах, не связанных с горячими источниками,

---

[1] Странным образом первый тип месторождений часто не принимается во внимание и значение его отрицается. См., например, Vogt, 1898, стр. 321; 1902 (1), стр. 260.

[2] Boussingault, 1826, стр 211; 1856, стр. 917 и сл.

[3] Д. Соколов, 1832, стр. 617; Гельмерсен, 1843 (1), стр. 212.

[4] В жилах из Боа-Эсперанса. См. Williamson, 1866. Работа перепечатана у Hartt, 1870, стр. 448.

[5] Buttgenbach, 1910, стр. 11. Ср. для Санта-Роза еще Boussingault, 1903, стр. 15.

[6] Для Америки см. Kemp, 1902, стр. 31. Для Финляндии см. § 84.

[7] Mackintosch Bell, 1906, стр. 749—750.

[8] Jaquet, 1896, стр. 34.

как это думает Джакет[1], и что мы имеем здесь вынос платины из глубоких слоев земной коры.

Но уже несомненно осадочного происхождения платина, наблюдаемая в детритовых породах в штатах Гверреро и Идальго в Мексике. Здесь она найдена химически, в железистых глинах (повидимому, латеритах), в невидной глазу форме[2]. Аналогично ее нахождение в Катанге в Африке в песчаниках, содержащих золото[3].

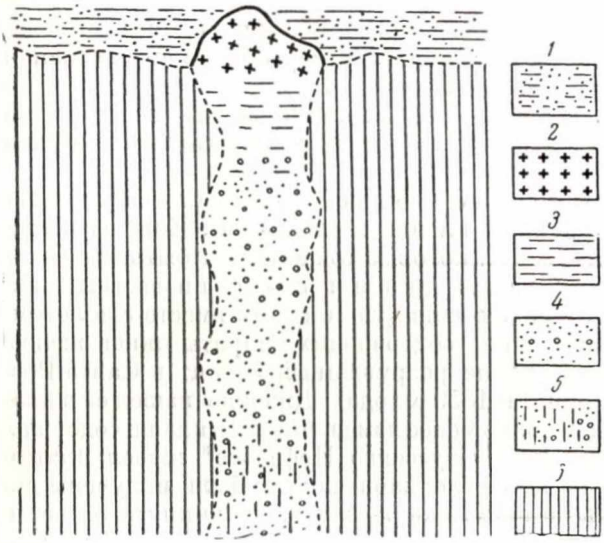


Рис. 19. Разрез месторождения платины в Брокен-Хилл.

По Джакету, 1886

1 — почва; *2* — плотный лимонит; *3* — железистая глина; *4* — зерна кварца с каолином; *5* —выветрелый гнейс и сланец; *6* — гнейс и сланец

Как видим, генезис всех этих концентраций платины не вполне ясен. Может быть, она происходит здесь распадением своих мышьяковистых соединений или сульфосолей, где часто находятся ее следы[4]. Вернее, однако, мы имеем здесь дело с циркуляцией коллоидальной «самородной платины» (§ 71). Нахождение сперрилита при аналогичных условиях заставляет относить с осторожностью все такие месторождения к самородной платине. Однако во многих случаях она несомненно находится здесь в металлическом состоянии, аналогично золоту[5].

В алмазоносных песках Борнео (в отрогах гор Ратоос) встречены куски черного кварца с включениями платины и пирита[6].

Очень странное платиновое месторождение в южной Неваде (Кларк-Каунти, Басс-Майн). В доломитах находится плюмбоярозит, заключающий висмут. В нем содержится 0,05% Pt и 0,22% Pd[7].

Платиновые минералы попадают в россыпи отчасти из таких месторождений Элювиальные россыпи палладистой платины в штате Минас-Жераис в бассейне р. Сан-Антонио[8] имеют, повидимому, это происхождение, и в них, должно быть, выпадают ее конкреции (§ 71). Точно так

---

[1] Ср. нахождение ее в железе из Каньон-Диабло — § 42. 48.

[2] Ramirez, 1884, стр. 143 и сл. По наблюдениям Барсены и Краспо, работы которых (в «El Minero Mexicano», II—III) были мне недоступны.

[3] Buttgenbach, 1904 (2), стр. 184.

[4] Д. Соколов (1824, стр. 65) предполагал, что платина главным образом встречается в виде ничтожной подмеси к блеклым рудам и другим сульфосолям.

[5] См. Read, 1905, стр. 985 и сл. Часто она находится несомненно только в виде микроскопических кристаллов сперрилита. Ср. Vogt, 1902 (1); Dickson, 1903, стр. 139.

[6] Horner, 1839.

[7] Knopf, 1915.

[8] Hussak, 1904, стр. 450 и сл.

же платина, сопровождающая в небольшом количестве золото в россыпях Березовска, произошла почти наверно из золотоносных жил[1].

77. Однако главная масса платиновых минералов — из россыпей другого происхождения; платина попала туда главным образом из своих выделений в массивных породах, повидимому, различного характера[2]. Впервые в начале XIX века проф. Щеглов (1827, стр. 513) указал на связь платины с особыми массивными породами — перидотитами и дунитами — и нашел ее in situ в серпентинах и асбестах Коптяковского рудника[3]. В россыпях сперва Среднего Урала, потом других мест — Колумбии, Британской Колумбии и т. д.[4] — не раз наблюдали платину в срастании с серпентином (продуктом изменения перидота), перидотом[5], пироксеном, хромистым железняком, золотом, титаномагнетитом[6]. Кое-где, например в Соловьевском прииске, платина несомненно находилась в элювии серпентиновых пород[7]. Этот элювий местами в Нижне-Тагильском окр. имел характер конгломерата, состоящего из сцементированных углекислой известью обломков серпентина, гиперстена, октаэдров хромита[8]. Этот конгломерат большей частью разрушен, наблюдается кусками в россыпях, и в нем находили платину[9]. Наконец, в 1890-х годах рабочими были открыты в дунитах Соловьевой горы в Нижне-Тагильском окр. и в оливиновой породе Гороблагодатского окр. коренные месторождения[10]. В дунитах платина, в кристаллах и скоплениях, наблюдается (очень редко непосредственно) как в оливине, так, чаще, и в хромистом железняке[11]. Распределена она в дуните неправильно. В Нижнем Тагиле 65% проб (несколько сотен дудок) не дали Pt, 35% дали в среднем 26 мг Pt на 1 т породы[12]. В шлирах хромита, обычно неправильно распределенных в дунитах, получаются гораздо бо́льшие числа, которые делали бы разработку возможной, если бы шлиры распределялись в дунитах закономерно. Уже раньше на отдельных кусках из россыпей эта связь платины с дунитом для Нижне-Тагильска была установлена Добрэ[13]. Позже следы ее найдены в дунитах Британской Колумбии[14].

---

[1] См. Гельмерсен, 1843 (1), стр. 212.

[2] М. Карпинский, 1840 (2), стр. 224 и сл.; Зайцев, 1898 (1).

[3] М. Карпинский (1840 (1), стр. 68) указывает, что в трещинах серпентинов Коптяковского рудника преобладает брусит, а не серпентин-асбест. Платины в окружающих россыпях мало.

[4] М. Карпинский, 1840 (1), стр. 63 и сл.; G. Rose, 1842, (1); Гельмерсен, 1849 (1), стр. 207 и сл.; Щуровский, 1841, стр. 320 и сл.; Kemp, 1902, стр. 29 и сл.

[5] В 1880-х гг. ее встретили в россыпи Крестовоздвиженского округа в оливиновом габбро. См. Helmhacker, 1893, стр. 87. Богданович, 1903, стр. 84.

[6] Любарский (1828 (2), стр. 159; 1828 (3), стр. 127) указывает на нахождение ее с титанистым железняком. На нахождение Ti в платиновых остатках для уральской платины указывают и другие исследователи — Osann, 1828 стр. 296; 1829, стр. 158; Berzelius, 1829 (1), стр. 209; Мухин, 1842. То же для колумбийской платины см. Fourcroy, 1804, стр. 153. Интересно исследовать на Ti чистую платину.

[7] Гельмерсен, 1843 (1), стр. 209.

[8] Щуровский, 1841, стр. 319.

[9] М. Карпинский, 1840 (1), стр. 64.

[10] Иностранцев, 1892, стр. 23. В участке породы, богатой Pt, ее количество достигает, по Иностранцеву, 0,01—0,001% (там же стр. 24—25). Ср. также Мушкетов, 1892, стр. 229; Иностранцев, 1895 (1), стр. 1; Helmhacker, 1893, стр. 87.

[11] Duparc, 1911, стр. 46.

[12] О характере коренной платины в Нижне-Тагильских месторождениях ср. наблюдения Конради и Заварицкого. См. Заварицкий, 1909, стр. 189 и сл.

[13] Daubrée, 1879, стр. 549 и сл.

[14] Kemp, 1902, стр. 48.

Для Урала постоянная связь главной массы платины с дунитовыми породами несомненна[1].

Это нахождение платины в оливиновых породах, идентичных с теми, в которых наблюдалось самородное железо-никель (§ 50), привело к гипотезам аналогичного характера. Подобно (Fe,Ni) стали приписывать происхождение из недр земного шара и (Pt,Fe), где она будто бы сконцентрирована в бо́льших количествах, чем в земной коре. На платину пытались смотреть, как на характерный глубинный элемент[2].

Кроме дунитов, платина на Урале наблюдается в связи с пироксенитами, что впервые было указано Фирксом. Таково месторождение на р. Гусевой (приток р. Выи), связанное с выходами пироксенита в Гусевском Камне, и др. (см. ниже). В пироксенитах платина встречена в срастании: 1) с пироксеном и 2) с магнетитом[3]. Платина из пироксенитов отличается от платины из дунитов бо́льшим количеством платины и палладия (1—1,2% Pd).

В Южной Африке платина найдена в кимберлитах[4].

Однако платина находится не только в основных породах. Она местами тесно связана с более кислыми породами. Еще в 1828 г. М. Энгельгардт нашел самородную платину, иногда в тесной смеси с золотом, in situ — в разрушенном сиенитовом порфирите около дер. Лаи Тагильского окр.[5]. Эти зерна платины были окружены коркой лимонита. Встреченные с недоверием[6], эти работы получили некоторое подтверждение в вероятном нахождении платины в породах, не отвечающих дуниту, — на Среднем Урале. В Авроринском прииске Нижне-Тагильского окр. платина найдена в кусках габбро-диорита[7]. Наконец в 1900 г. Кемп и Джонсон доказали присутствие платины в хлоритовых выделениях гранитов около р. Туламин в Британской Колумбии[8].

78. Генезис платины и платиновых металлов в магмах нам совсем неизвестен. Опытов над выпадением платины из магмы нет, и едва ли можно очень уверенно доказывать ее выделение непосредственно из расплавленной силикатовой магмы. Во всяком случае, она образуется после хромита, пироксена и пр.[9]. Нахождение ее в кристаллах указывает или на выпадение ее из вторичных растворов, циркулирующих в магме, или на разложение ее летучих соединений при застывании магмы. На то же самое указывает характер частей породы, богатой платиной. Она находится в измененных частях дунита с халцедоном, серпентином, доломитом и т. д.[10]. Точно таково же ее нахождение в оливиновых и гранитовых породах Британской Колумбии, в окр. Туламин[11]. Может быть, на выпадение из горячих раство-

---

[1] См. Высоцкий, 1903, 1923. В дунитах Pt найдена и химически.

[2] Уже Эли де Бомон. Ср. Daubrée, 1879; Suess, 1907, стр. 1556.

[3] Duparc, 1911, стр 51, 61—62.

[4] Высоцкий, 1923.

[5] Энгельгардт, 1828, стр. 30; 1829 (2), стр. 70—71; 1831, стр. 380 и сл. Анализ Озанна подтвердил нахождение Pt в породе, доставленной Энгельгардтом.

[6] Rose, 1837, стр. 340.

[7] Зайцев, 1898 (1), стр. 50—51. На то же указывает нахождение платины в слюде; см. Алексеев, 1868, стр. 437. Высоцкий (1903) считает эти указания Зайцева не отвечающими фактам.

[8] Kemp, 1902 (1), стр. 34, 38, 88 и сл.

[9] О таком генезисе см. Meunier, 1899, стр. 159; Kemp, 1902 (1), стр. 89; R. Beck, 1907, стр. 390.

[10] Иностранцев, 1893, стр. 20; Ожегов, 1904, стр. 12 и сл.

[11] Kemp, 1902 (1), стр. 34, 38, 88 и сл.

ров указывает нахождение Pt с Au в контактовых породах западной Суматры[1] и в Бразилии — с порпецитом (см. § 99).

Прямые опыты Мёнье[2] подтверждают этот способ выделения платины. Подобно тому, как это наблюдается для (Fe, Ni) (§ 52), Мёнье получал ферроплатину, действуя при красном калении H, $PtCl_4$ и Fe_2Cl_6 на агрегат зерен оливина или пироксена. Получаемая этим путем платина не отличалась по форме выделений от уральской платины.

Рис. 20. Платиновые прииски Шуваловых по р. Ису на Урале. Вдали виден Качканар
Фото К. В. Маркова

79. Разрушением таких коренных месторождений платины образуются р о с с ы п и, откуда почти исключительно добываются как платина, так и все другие элементы платинового ряда.

Наиболее важные и наиболее богатые месторождения этого рода на земном шаре сосредоточены вдоль *Уральского хребта*. Из них добывается $^9/_{10}$, если не больше, платины всего мира и среди них огромная область платиновых россыпей по р. Ису одна дает до $^2/_3$ мировой добычи платины. Эти мощные скопления богатых платиной, а иногда и золотом россыпей, очевидно, вызваны продолжительным выветриванием и денудацией горных пород Урала, бывшего сушей с конца палеозойской эпохи.

В области распространения основных пород на Урале, на значительном протяжении, даже песок современных рек содержит заметные количества платины. Она добывалась из песков рек Туры, Косьвы и т. д.

Но главная ее масса находится в д р е в н и х р о с с ы п я х — большей частью в песчаных слоях, переполненных обломками разнообразных пород (рис. 20, 21). В самих платиносодержащих слоях находят остатки мамонта, и эти слои образовались, подобно уральским золотоносным

[1] H u n d e s h a g e n, 1904, стр. 77.
[2] M e u n i e r, 1899, стр. 157 и сл.

россыпям, в послетретичную эпоху. Этот древний аллювий залегает по долинам главных современных рек, образовавшихся, повидимому, в эпоху наибольшего развития северного ледника[1]; отсюда платина попадает и в современный аллювий.

Среди платиновых россыпей Урала[2] (§ 83) на первом месте должны быть выделены две области россыпей, расположенные по обоим склонам Урала, между 58 и 60° с. ш., в *Верхотурском* и *Пермском уездах*. Это:

1) *Нижне-Тагильские прииски*, большей частью на западном склоне Урала, по верховьям рек Висима, Сисима, Мартьяна (бассейн Чусовой),

Рис. 21. Деталь россыпи Шуваловых по р. Ису на Урале

Чауша, Черной (бассейн Тагила) и т. д., в тесной связи с выходами оливиновых пород, откуда стекают эти реки (горы Воробьевы, Соловьева гора, Большая Шульпиха и т. д.). Здесь находятся коренные месторождения платины в дуните Соловьевой горы (§ 77), содержащие α-ферроплатину и α-поликсен, реже β-ферроплатину[3], и

2) месторождения по р. Ису, в *Бисерском* и *Гороблагодатском округах*[4]. Вся долина р. Иса и дальше р. Туры, куда впадает р. Ис, на пространстве не меньше 160 км, является огромной платиноносной россыпью (в Бисерском окр. в россыпях до 25% Au). На всем этом пространстве, отчасти и в

[1] Высоцкий, 1903, стр. 541 и сл.

[2] М. Карпинский, 1840 (1), стр. 65 и сл.; Щуровский, 1841, стр. 316 и сл.; G. Rose, 1837, стр. 327; 1842 (1), стр. 389; А. Карпинский, 1881; Бурдаков и Гендриков, 1896; Зайцев, 1898 (1); Гендриков, 1900 (2), стр. 30, 50; Duparc, 1903, стр. 292, 377; 1911, стр. 69 и сл.; Высоцкий, 1903, 1913.

[3] См. Козицкий, 1844, стр. 117. Ферроплатина связана главным образом с хромитом и шлирами хромитита в дунитах (Высоцкий, 1913)

[4] Высоцкий, 1903; 1913; 1923; Зайцев, 1898 (1), стр. 15 и сл.

долине р. Выи (в пределах Гороблагодатского окр.), расположены прииски. Несомненно, это самая большая платиновая россыпь в мире, с очень неравномерным распределением платины.

Уральские россыпи имеют довольно определенное строение, вызванное физико-географическими условиями древних рек эпохи развития Европейского ледника. Можно в них различить сверху следующие слои: 1) почва; 2) торф, иногда отсутствующий, мощностью 0,7—3 м, изредка до 6 м (по р. Ису); 3) темнобурая, книзу синяя глина — 0,5—6 м; 4) тонкий слой песка с мелкой галькой, иногда отсутствующий («севун»); 5) «речник», переполненный гальками, от 0,8 до 2,5 м, иногда (в верхних частях долины Иса) до 5 м; заключает кое-где следы Pt; 6) платиноносный нанос, богатый характерными продуктами выветривания, так называемой «зеленой глиной»[1],—0,15—1,5 м, изредка до 3 м (Егоро-Канкриновский прииск), большей частью незаметно переходящий в плотик, т. е. внизу содержащий неокатанные куски породы плотика; 7) ниже лежит плотик, состоящий из твердых пород, в которых прорыто речное ложе.

В общем дно уральских долин почти плоское, шириной от 200—400 м до 1 км. Но в частностях это дно зависит от породы, от характера ее разрушения, и, соответственно с этим, при движении воды около дна захватывается водой больше или меньше платины. Так, известняки дают очень сложную поверхность разрушения, покрытую ямами, трещинами, воронками и т. п. В них легко задерживаются зерна платины. Наоборот, диабазы или порфириты дают ровную поверхность разрушения.

Платина обыкновенно собирается в самых нижних частях наноса (слой 6), так что богатство платиной большей частью увеличивается книзу. Иногда наиболее богаты платиной верхние слои, на границе речника. Кое-где переход к частям аллювия, богатого платиной, совершается очень резко, и таким образом платиноносный слой делится на два отдела. Исключительно богатые россыпи давали 100—110 г платины на 1 т (Нижне-Тагильские); местами они были еще более богаты. Однако теперь там разрабатываются россыпи всего с 2,8—9 г на 1 т по Ису и с 2—7 г на 1 т по Выи.

Обращая внимание на этот разрез платиноносных россыпей, мы ясно видим в характере слоев отражение истории данной местности, выразившейся в образовании россыпи. Россыпь представляет характерный тип отложения замирающего бассейна, начавшегося бурной рекой и кончившегося болотом-торфяником. Платина отлагалась в первую стадию процесса и приносилась водой, обладавшей большой силой передвижения, причем характер этих первых наносов («глина» и мало окатанные валуны) весьма своеобразен. Породы плотика не имеют отношения к платине, и она находится далеко от мест своего образования. На это указывает и характер ее зерен — часто обтертых и мелких[2]. Точно так же и ее спутники, как золото, магнетит, титаномагнетит, хромит, принесены в эти аллювиальные отложения издалека. К числу ее спутников в области развития известковых девонских пород прибавляется киноварь.

---

[1] Характер этой своеобразной «зеленой глины» неясен. По словам Н. Высоцкого (1903, стр. 53), этот «цемент из яркозеленой глины» не зависит от характера и породы плотика. По пробе образцов, сделанной К. А. Ненадкевичем, «глина» имеет следующий химический состав: 48,19% SiO_2, 16,57% Al_2O_4, 5,89% FeO, 6,49% Fe_2O_3, 0,11% MnO, 8,42% CaO, 2,22% MgO, 5,33% H_2O+CO_2, 7,78% щелочи, Cr нет. Очевидно, это не глина. Под микроскопом она состоит главным образом из игол зеленого минерала, частью с прямым, частью с косым погасанием, т. е. моноклинной системы. Она заслуживает исследования, особенно ввиду малого количества MgO и относительной ее однородности.

[2] См. Высоцкий, 1903, стр. 545 и сл.; 1913, 1923.

80. Коренное месторождение этой платины, откуда она попала в россыпи, составляют породы основного характера, главным образом дунит. Это доказывается как нахождением платины в этих породах (§ 77) в Нижне-Тагильске и по Ису, так и существованием на Урале россыпей элювиального типа, которые всюду и всегда приноровлены к дунитам. Эти россыпи были указаны для Урала еще одним из первых русских исследователей платины — Н. Мамышевым (1827, стр. 34). По Ису эти элювиальные россыпи, происшедшие на месте от разрушения дунита, наблюдаются в местах его выходов в Светлом бору, Вересовом бору, на Соколиной горе); на Качканаре по речкам Гусевкам они наблюдаются среди перидотитов, но эти перидотиты здесь содержат включения дунита [1]. Эти элювиальные россыпи заключают угловатые, мало окатанные обломки местных пород — дунита, жильных роговообманково-полевошпатовых пород, диаллагонового перидотита, змеевика, габбро и т. д. Цементом является ближе не изученная «глина» (§ 79). Во всех логах и впадинах, где разлагался дунит, находятся такие элювиальные россыпи, иногда чрезвычайно богатые платиной. Платина здесь неокатанная, некрупная, не отделенная от хромита. Величина ее зерен обычно около 1 мм; зерна в 2—4 г редки. Изредка наблюдались крупные самородки (2 кг и больше), повидимому, тесно связанные с изменением дунита в серпентин (реки Малая Простокишенка и Малый Покап) [2]. В начале разработки по Александровскому и Сыркову логам (р.Мартьян) нередки были мелкие кристаллы Pt [3].

Очень аналогичны россыпи платины и других местностей [4]. Иногда они и парагенетически совершенно схожи с уральскими, например в Рио-Абаэтэ, в штате Минас-Жераис в Бразилии [5]. Самым главным ее месторождением после Урала и до сих пор является Колумбия, главным образом россыпи провинции Сан-Хуан (часть Эль-Чоко) [6]. Платина встречается здесь в россыпях бассейна р. Сан-Хуан (впадает в Тихий океан) вместе с золотом (10—50% по отношению к платине). Эти россыпи очень древние, образующие их глины и конгломераты, повидимому третичного возраста, произошли путем разрушения пород Анд [7]. Однако нигде здесь не были встречены эти минералы в количестве, сравнимом с Уралом.

---

[1] Высоцкий, 1903, стр. 547—549.

[2] Высоцкий, 1903.

[3] Гендриков, 1900, стр. 6.

[4] См. обзор их у C. Hintze, I, 1898, стр. 135. См. также Kemp, 1902, стр. 36 и сл. Сверх того надо прибавить месторождения платины в южной Абиссинии, открытые русскими офицерами А. Драгомировым и Ф. Кубе. Платина была определена И. Морозевичем в образцах, доставленных ими в Геологический комитет. До сих пор об этих, повидимому серьезных, месторождениях имеются лишь крайне скудные литературные указания, хотя они и были изучены экспедицией Н. Курмакова. Платина лежит в россыпях среди оливиновых пород. Ср. «Изв. Геол. ком», 23, СПб., 1904, стр. 48; Курмаков, 1905, стр. 309—310. По сообщению А. Мягкова, участника экспедиции Н. Курмакова, платина наблюдается в области Белого Нила, в бассейне р. Бир-Бир. Здесь под торфом мощностью в 1—1,5 м лежит слой платиноносных песков в 0,5—0,75 м. К платине примешано золото. На 1 т песков приходится 2,5 г самородной платины с 87% Pt. Платина магнитная. В этой области наблюдается развитие оливиновых пород, и россыпи обычно дают платиносодержащие шлихи. Оливиновые породы этой местности были изучены академиком А. П. Карпинским, нашедшим здесь частью неизмененные оливиновые породы (гора Юбду), частью происшедшие из них змеевиковые и антигоритовые (по р. Бир-Бир).

[5] См. Hussak, 1906 (1), стр. 287.

[6] О платиновых россыпях Чоко см. Humboldt, 1843, стр. 520—521; Boussingault, 1903, стр. 4 и сл.

[7] Kemp, 1902(1), стр. 62 и сл. Ср. Berthollet et Pelletier, 1792, стр. 20 и сл.; Humboldt, 1827, стр. 157—158. Более точные, но тоже очень краткие указания о платиновых россыпях Колумбии, наиболее богатые из которых лежат меж-

Очень отличны от этих россыпей по химическому составу сопровождающих платину минералов россыпи палладистой платины. Россыпи α-палладистой платины никогда не содержат хромита, очень редко заключают магнетит; платина сопровождается алмазом и его спутниками (Кондадо, Серро в Минас-Жераис). Для β-палладистой платины россыпи известны в Коррего в Консейсао — в штате Минас-Жераис. Они, повидимому, элювиального типа; конкреции этой платины (§ 71) почти не окатаны и, по мнению Гуссака, являются химическими осадками в россыпи[1].

Для платины известны те же типы россыпных месторождений, что и для других тел. Так, местами, например в Клерксдорпе в Трансваале, платина встречена с золотом в конгломератах, в ископаемых россыпях[2]. Нередки своеобразные морские россыпи, образованные морским приливом и отливом или морским прибоем, например, на северных берегах Австралии[3].

Кроме таких платиноносных россыпей, где платина преобладает над другими металлами, платина чрезвычайно часто является спутником золота в золотоносных россыпях. Повидимому, главная часть мирового запаса платины сосредоточена в россыпях этого типа.

В небольшом количестве она находится в песках рек, где произошла от разрушения разнообразных пород, содержащих иногда платину. Так, в песке Рейна она находится с золотом в количестве 1/2400 золота[4]; вместе с железом и золотом находится в песке р. Онота (§ 63). Из песка рек ее добывают и в Колумбии[5].

81. Изменение платины. Платиновые минералы изменяются, но отвечающие им процессы изменения мало известны. Широкое распространение небольших следов платины (§ 74) в разнообразных породах и минералах и нахождение ее в жилах ясно указывают на существование каких-то растворимых форм платины[6]. Вероятнее всего, мы имеем здесь дело с растворами коллоидальной платины (§ 71).

Очень замечательна малая изменчивость ферроплатины. Железо, в нее входящее, не окисляется при обычных условиях. Нельзя, однако, не отметить, что в действительности, может быть, ее изменение значительно больше, чем мы привыкли думать. Большею частью мы изучаем россыпную платину, окатанную и лишенную продуктов изменения. Но и в такой платине в элювиальных россыпях или в россыпях вблизи выходов коренных пород мы наблюдаем чрезвычайно часто зерна, как говорят рабочие, в «кожухе», покрытые коркой гидратов окисей железа и марганца[7].

ду реками Атрато и Сан-Хуан (1°30′—0°6′ с.ш.), см. «Monthly Bull. Intern. Bureau Amer. Rep.», Washington, 1908. К западу от гор Серро-Ирро есть дуниты и пироксениты.

[1] Hussak, 1906 (1), стр. 289 и сл. Любопытно нахождение оригинальной уральской γ-палладистой платины (§ 68, 85), повидимому, при других условиях. Здесь она находилась в коренной оливиновой породе в Авроринском или Сухом прииске Нижне-Тагильского горного округа (по указанию Н. Высоцкого).

[2] Denny, 1897, стр. 66.

[3] Pittman, 1901 (1), стр. 8, 77.

[4] По Дёберейнеру, см. C. Hintze, I, 1898, стр. 143.

[5] По отчету Р. Уайта. См. Гулишамбаров, 1905, стр. 14. Ср. для Туры § 79.

[6] См. Bischof, 1863, стр. 847 и сл.,— может быть, в связи с $FeCO_3$. На связь с $FeCO_3$ указывают и наблюдения Геймара о частом нахождении платины в сидеритах (Альпы); Gueymard, 1853, стр. 175—176. Ср. платину в сидерито-кварцевых жилах Финляндии — § 84.

[7] Проба «кожуха» такой платины из Гусевки, сделанная К. А. Ненадкевичем,

К сожалению, эти процессы не изучены. Совершенно неясно, имеем ли мы здесь дело с изменением платины, связанным с окислением Fe и Mn, в ней находящихся, или с осаждением на платину вада и гидратов окиси Fe. За последнее говорит нахождение таких тонких пленок, растворимых в азотной кислоте, на россыпном золоте, например в россыпях Южного Урала. В таком растворе удается открыть только железо.

Главное изменение платины сводится к ее истиранию[1]. Во всяком большом месторождении это явление наблюдается очень резко. Из палладистой платины на земной поверхности происходит образование п а л л а д и т а, т. е. происходит отделение Pt от Pd и обогащение железом[2].

82. Платина в России. *В Европейской России* платина неизвестна. Указаны лишь следы ее в бедных золотоносных россыпях.

В *Вятской губ.*, в *Слободском у.*, платина встречена в серьезном количестве на р. Волошихе около г. Кая[3]. Следы ее встречены в окрестностях Камско-Воткинских заводов, в бедной золотоносной россыпи[4]. Очевидно, она принесена издалека — с Урала.

Главные ее месторождения сосредоточены на *Урале* (ср. § 79)[5]. Здесь платина была найдена вскоре после окончательного открытия золотых россыпей в 1819 г. и точно констатирована в Невьянском окр., около Билимбаевска, позже в Верх-Исетских и Миасских россыпях (в 1822 г.)[6]. Природа платины была впервые констатирована Любарским[7], который нашел вместе с ней и осмистый иридий. Работы эти были подтверждены Д. Соколовым (1824, стр. 62 и сл.). Очень возможно, однако, что платина на Урале наблюдалась гораздо ранее[8]. Однако, по более тщательному исследованию

дала большое количество Mn и Fe. В старинной платине из Нижне-Тагильских россыпей (коллекция Московского университета) при обработке HNO_3 многие темные зернышки делаются, по моим опытам, светлыми, а в раствор переходит Fe (без Mn).

[1] Далеко, однако, не доказано, чтобы процесс сводился только к одному истиранию. Очень вероятно, что он связан отчасти с уносом железа, так как платина элювиальных россыпей гораздо более богата железом (ферроплатина), чем платина аллювиальных россыпей (например, по Ису). Очень возможно, что мы имеем здесь некоторую форму передвижения платины в россыпях, аналогичную золоту. Нельзя не отметить также характер самородков платины, связанных с серпентинизацией оливиновой породы. Процесс серпентинизации далеко не ясен и не прост и, весьма вероятно, вторичный (ср. § 78).

[2] J o h n s o n u. L a m p a d i u s, 1837, стр. 311.

[3] Со слов ученика проф. Л. А. Ч у г а е в а — лесничего Орлова.

[4] Д. С о к о л о в, 1825, стр. 152.

[5] Общий очерк уральских месторождений см. D u p a r c, 1911; это начало его большой работы о платиновых месторождениях Урала. См. также В ы с о ц к и й, 1903, 1913, 1923.

[6] Д. С о к о л о в, 1824, стр. 61; Н. М а м ы ш е в, 1827, стр. 24. В Екатеринбурге не могли определить этот металл (осмистый иридий) и называли его «белым металлом»; см. К о л т о в с к о й, 1846, стр. 273; E r m a n, 1833, стр. 316; Д ю п а р к и Т и х о н о в и ч, 1920.

[7] Л ю б а р с к и й, 1823, стр. 20. Еще раньше исследовал эти порошки И. В а р в и н с к и й (1822, стр. 262 и сл.), но не пришел ни к каким точным результатам. Порошки были собраны горным инженером Ахте. Ср. также анализ 1823 г., напечатанный лишь в 1842 г., сделанный Г е л ь м о м (1842, стр. 77 и сл.).

[8] Возможно, что платина была известна еще до правильной разработки золотых россыпей. В 1806 г., даже в печати, Вокелен (V a u q u e l i n, 1806, стр. 317) сообщает слух, что несколько лет тому назад Pt была открыта «в Сибири»—«но слух этот не подтвердился». Ср. о том же G u y t o n d e M o r v e a u, 1810, стр 334. Еще раньше, в литературе XVIII века, мы находим туманные указания на нахождение Pt «в Азии». Очень вероятно, что она была известна отдельным ученым или любителям. Так, неизвестный французский переводчик мемуаров Уллоа и немецких примечаний к ним Шнейдера указывает, что платина известна в Азии (U l l o a, 1787, стр. 344). Все же азиатские месторождения платины открыты, как известно, позже уральских (K e m p, 1902 (1), стр. 82 и сл.). Есть странное указание очевидца, бывшего в Петербурге в царствование императрицы

Любарского (1824, стр. 855), главная масса найденного в 1822 г. металла состояла из иридия (около 60%) и осмия (около 30%), но не из платины (2%) и только в 1824 г. рабочим Андреевым на р. Уралихе (приток р. Баранчи), в области Гороблагодатских заводов, была найдена первая платиновая россыпь Урала, так называемая Царево-Александровская — в 12 км на юго-запад от Баранчинского завода; здесь находилось до 35—40 г золотистой платины на 1 т песка (в среднем около 12—15 г). Природа этого тела была впервые констатирована Любарским, опубликовавшим первый ее анализ, и Мамышевым[1]. Вслед за этой россыпью в том же 1824 г. найден ряд других — в той же области Гороблагодатских заводов, а также на р. Исе[2]. В 1825 г. платиновые россыпи найдены и в Нижне-Тагильском окр. (по р. Сухо-Висиму)[3]. В 1833 г. в уральской платине Брейтгауптом выделен самородный иридий[4].

83. Переходя к обзору месторождений платины на Урале, можно отметить, что их надо ждать всюду в области распространения оливиновых пород, повидимому специально дунита (§ 77)[5]. Всюду, где есть дунит, реки платиноносны. Самородная платина найдена в самом дуните и в хромитах. В небольших количествах ее находят в перидотитах (гарцбургитах и лерцолитах), в габбро и в оливиновом пироксените. Это более редкий тип[6]. Можно ждать ее нахождения на крайнем севере — по р. Иоутынье, где констатирован Е. С. Федоровым выход оливиновых пород[7].

Выделение платины принадлежит к среднему палеозою, когда выходили дуниты[8]. В небольших количествах она находится во всех золотоносных россыпях восточного склона Урала. Севернее Денежкина Камня (Салатинский хребет и т. д.) в дунитовых массивах Дюпарк[9] не нашел платины.

Анны, видевшего будто бы там обработку платины, получаемой из Архангельска («Nordische Miscellaneen», 1782, стр. 282). И. Ф. Герман (1790 (2), стр. 214) думает, что это был золотоносный «железный песок». В. М. Севергин (1814, стр. 44) говорит: «нет платины в России; разве что к сему роду причитать будем серожелтое самородное золото, которое, по положению Вернера, содержит в себе платину. Таковое находится в Змеиногорске». Очень может быть, мы имеем здесь указания на нахождение теллуристых соединений золота, а не платины. По крайней мере, таково, очевидно, «серовато-желтое самородное золото» по Вернеру, указываемое в старых коллекциях из Трансильвании (Karsten, 1789, стр. 345). Судя по возможному нахождению тетрадимита и других теллуристых соединений в северной Финляндии и теллуристых соединений серебра в Заводинском руднике на Алтае, очень возможно нахождение на севере России и на Алтае серого теллуристого золотого соединения, добывавшегося в XVIII веке. Впрочем, анализ черного порошка (Евреинова), электрически полученного Якоби из алтайского бликового серебра, показал в нем следы платины (Евреинов, 1847, стр. 364.)

[1] Любарский, 1825, стр. 203; Н. Мамышев, 1827, стр. 31 и сл. По указанию автора подробного описания Гороблагодатских заводов («Горн.журн.», СПб, 1839, стр. 68), открытие это сделано маркшейдером Н. Волковым.

[2] Голляховский, 1826, стр. 103 и сл.

[3] См. Кеммерер, 1826, стр. 150.

[4] Breithaupt, 1833, стр. 1 и сл.

[5] Виды на будущее на Урале связаны главным образом с возможностью открытия или использования мелких смешанных (с золотом) россыпей (главным образом элювиальных). «Надежды на открытие новых районов более или менее крупных чисто платиновых россыпей почти нет» (Левинсон-Лессинг, 1921, стр. 8). По пространству платиносодержащие россыпи иногда очень велики: по Ису — 57 км, Туре — 88 км, Выс — 52 км и т. д. (Левинсон-Лессинг, 1921, стр. 9).

[6] Дюпарк и Тихонович, 1920, стр. 38—40; Высоцкий, 1913, стр. 115 и сл.; 1923.

[7] Высоцкий, 1903, стр. 554.

[8] Высоцкий, 1913.

[9] Duparc, 1911, стр. 6, 44.

Самым северным месторождением платины будут находки ее в *Пермской губ.*, в *Верхотурском у.*, в *Лялинской даче*, в россыпях вместе с золотом, в одинаковом с ним или даже бо́льшем количестве по рекам Тосемье и Локсосу, притокам р. Ушмы и по р. Петропавловской (впадающей в Лозьву). Эти реки берут начало в оливиновых грядах Чистопа и Хой-Эквы[1]. Она наблюдается и на границе с Южно-Заозерской дачей (бассейн Ивделя). Небольшие количества ее известны в золотых россыпях в *Северно-Заозерской даче*[2]. В *Южно-Заозерской даче* платина найдена в хромите из дунита Денежкина Камня. Платиноносные россыпи известны по Малой Сольве, на западном склоне Денежкина Камня. Здесь, в кристаллах хромита из развитого в районе россыпи дунита, найдены следы платины. В россыпях по Шагультинскому увалу Pt встречается в одинаковых количествах с золотом. На севере, на границе с Лялинской дачей, она найдена по рекам Тальтии, Шапше и Южной Тошемке (бассейн Ивделя)[3]. В *Богословском окр.*, по приискам р. Киршана, притока р. Ваграна[4], р. Травинки[5] и др. В округе платина встречается в незначительных количествах во многих золотоносных россыпях, наиболее крупная — по ложкам р. Заболотной, иногда в срастании с золотом[6], например, в Березовской россыпи, где платина всегда облекала золото[7]. Платина, по мнению Федорова и Никитина (1901 (3), стр. 97—98), получилась от разрушения нижнедевонских туфовых сланцев, куда она попала при размывании старинных коренных месторождений. Этому, однако, прямо противоречит ее срастание с золотом. К тому же проф. Щеглов указывает, что в прожилках асбеста серпентинов из Коптяковского прииска (на Лобве) он нашел в коренном месторождении Au, Cu и Pt (ср. § 77); близкие к Коптяковскому прииску россыпи (Андреевская) бедны платиной[8].

Южнее, в *Вагранской* и *Знаменской дачах*, платина находится в виде примеси, в большем или меньшем количестве, в золотоносных россыпях (см. золото). Коренные выходы платины Дюпарк[9] указывает на р. Вагранке; из них — россыпь по р. Травинке (приток р. Вагранки). В *Соликамском* и *Верхотурском уездах* в *Растесской* и южнее — в *Николае-Павдинской дачах* россыпи платины находятся в связи с дунитом. В Растесской и Павдинской дачах Дюпарк различает коренные месторождения: 1) Тылай-Каньяковское с платиноносными речками Иовом и Полудневой и 2) Косьвинский Камень. Здесь два коренных выхода — на западном склоне Косьвинского Камня (Логвинская, Сосновки) и на восточном склоне Камня (Кытлымы и т. д.). Третьим коренным выходом будут Каменюшки. Здесь в северной части платина давно известна[10]; платиноносные россыпи наблюдаются вдоль речек, стекающих с Косьвинского, Тылайского и других Камней, как на западном склоне по Сосновкам (бассейн Тылая), Малой Косьве, так и на восточном — по Кытлымам (бассейн Лобвы), Каменушкам (бассейн Нясьмы). Платина в россыпях Малой Косьвы очень окатана.

---

[1] Федоров, 1894, стр. 89; Высоцкий, 1903, стр. 554.
[2] Попов, 1908, стр. 218.
[3] Левинсон-Лессинг, 1900, стр. 69—70.
[4] Нефедьев, 1871, стр. 22.
[5] С золотом и киноварью. — «Горн. журн», 1832, I, стр. 170.
[6] Е. Федоров и В. Никитин, 1901 (2), стр. 15.
[7] М. Карпинский, 1840 (2), стр. 225.
[8] М. Карпинский, 1840 (2), стр. 226—227; Щеглов, 1827, стр. 513.
[9] Duparc, 1911, стр. 5.
[10] Около Волчанского зимовья; М. Карпинский, 1833, стр. 188.

Мощность платиноносного слоя 0,8—2,1 м. Россыпи не очень богатые — по Кытлымам (мало окатанная Pt) 1,7 г на 1 т. По Каменушкам — элювиальные россыпи. Связана с перидотитовыми породами (дунитом, развитым, например, на Соколиной горе). Местами (например по Каменушкам — в сростках) с хромитом[1].

Уже в южной части *Николае-Павдинского окр.*, затем в *Гороблагодатском* (*Верхотурского у.*) и *Бисерском* (*Пермского у.*) *окр.* расположены богатые россыпи *Исовского района*, по Ису, Вые и Туре и их притокам, описанные раньше (§ 79). В Исовском районе, Шуваловской даче, наблюдаются два коренных выхода самородной платины: 1) Вересовский увал (реки Покапы, Простокишенки, Березовка и т. д.) и 2) Светлый бор (Косья и Ложки, впадающие в Ис). Район Иса питается обоими выходами. Добыча из россыпей здесь началась в широких размерах с конца 1860-х годов, причем по мере увеличения разработки процент платины в породе уменьшается. Общая схема строения россыпей дана раньше. Можно еще отметить, что иногда платины больше всего в середине слоя (Капитоновский прииск) или в верхней его части (Исовский, Троицкий, Богоявленский и другие прииски). Кое-где наблюдаются два платиноносных слоя, разделенных пустою породою (Бушуевский, Алексее-Ольгинский по Малой Осокиной)[2]. Есть россыпи, приуроченные к старицам (по Ису — Старичный прииск и др.). Окатанность зерен платины увеличивается по мере приближения к устью Иса. Так, платина верхних приисков — Усть-Косьвинского, Елизаветинского, Александровского и др.— шероховата, в «кожухе», нередко крупная, весом до 4 г; уже с Артельного прииска зерна ее мельче и более окатаны, а в приисках Идей, Воскресенском и пр. они уже все плоские, мелкие, окатанные. Бóльшая часть платины долины Иса «светлая». Элювиальная платина богата железом (т. е. ферроплатина, ср. § 81). Особняком стоят выработанные россыпи (до $^1/_3$ Pt на $^2/_3$ Au) по р. Орулихе, притоку р. Баранчи[3].

Южнее Исовского района, в *Верхнетуринской даче*, платина встречается как спутник золота в аллювиальных россыпях по рекам Большой и Малой Имянным, по Туре (Турьинский прииск — в области известняков)[4]. Слабо платиноносны некоторые притоки р. Салды (Малый Чирок, Айва и др.). Здесь платина связана с серпентинитами и, повидимому, богата осмистым иридием[5]. Платины в лучшие годы добывалось около 16—50 кг в год. В *Кушвинской* и *Баранчинской дачах* платиновые россыпи находятся по притокам р. Тагила (Орулихе, Сухому логу, впадающему в Баранчу около Лаи)[6]. В *Нижне-Тагильском окр.* (§ 79) россыпи связаны главным образом с дунитами, но иногда с пироксенитами и с габбро. Россыпи — обычного типа (открыты в 1825 г.). Длина их 85—150 м, ширина 6—10 м, толщина платиноносного слоя до 3 м. Чрезвычайно характерно отсутствие в этих россыпях кварца и магнетита, столь обычных во всех золотоносных россыпях Урала. Иногда россыпи принимают характер конгломератов

---

[1] Таль, 1871, стр. 429; П. Кротов, 1888, стр. 278 —522 (по данным В. Новокрещенных); Зайцев, 1892 (2), стр. 77; Г. Михайловский, 1898, стр. 33—34; Duparc, 1903, стр 387 и сл.; Зайцев, 1898 (1), стр. 50; Высоцкий, 1903, стр. 552.

[2] Зайцев, 1898 (1), стр. 44—45.

[3] Бурдаков и Гендриков, 1896 (2), стр. 17.

[4] Сивков, 1836, стр. 255 и сл.

[5] Duparc, 1911, стр. 67.

[6] О платине в бассейне р. Баранчи, связанной с пироксенитами, см. Кондыкин, 1911, стр. 328 и сл.; Duparc, 1910; 1911, стр. 54 и сл.; Левинсон-Лессинг, 1909, стр. 427 и сл.

(например, Авроринская увальная россыпь, Висимская россыпь)[1]. Одним из самых богатых является Суховисимский прииск, разрабатывавшийся с 1825 по 1840 г. и давший больше 6 т (6,4 т) платины[2]. В определенных россыпях (лог по Большой Шульпихе, Пунков лог и т. д.) попадается полярномагнитная платина. В определенных россыпях (Мартьяновской, Сырковской) попадались самородки до 8 кг весом. С пироксенитами (или, может быть, с уралитизированным габбро) связаны месторождения в Тагильской даче по Кедровке (впадает в Белую Выю) и, может быть, Каменке Облейской (впадает в Черноисточенское озеро). Выходы пироксенитов незначительны. В Черноисточенское озеро впадает ряд платиноносных ручьев, стекающих с габбрового массива. Дюпарк[3] считает, что бывшие здесь пироксениты, давшие начало платине, резорбированы полевошпатовой породой. Некоторые россыпи бассейна Тагила (по Магдаре, Вые, Токовой и др.) связаны с выходами серпентинитов и практического значения не имеют.

В *Екатеринбургском у.* платина известна в золотоносных россыпях, связанных с выходами оливиновых пород, в виде примеси (с осмистым иридием) к золоту, в дачах заводов: *Невьянских* (по Нейве, выше Быньговского завода)[4], *Верх-Исетских* (например в Верхне-Тагильской даче по р. Шайтанке, по ключу Студеному, р. Теплогорке, р. Шишиму[5], *Алапаевских*, *Билимбаевских* (по Черному Шишиму и т. д.)[6], в бывшем Екатеринбургском окр., в Березовске (§ 76). В этом округе ее меньше, чем где-либо в области золотоносных россыпей Урала, и она здесь произошла из жильных месторождений золота[7] (ср. § 115). В *Сысертском окр.*, в Полевской даче, по рекам Омутной, Большой и Малой Крутояркам, притокам р. Чусовой, платина тесно связана с оливиновыми породами, частью крупная (Омутная), неокатанная, иногда в срастании с хромистым железняком и роговиковыми выделениями, частью тонкая и обтертая (Крутоярка). Действует на магнитную стрелку. С ней встречается сильно обтертое золото; осмистый иридий не наблюдается[8]. В *Кыштымском окр.* добывалась в Сунурском прииске, по р. Сак-Элга[9]. Встречается в золотоносных россыпях, например, в Соймоновской долине[10].

Гораздо реже встречается на Южном Урале, в *Оренбургской губ.* В *Троицкому.*, в *Миасской даче*, замечена в золотоносных россыпях[11], особенно в россыпях, лежащих на серпентине (Мариинский прииск, Каскиновский рудник). В Наралинских горах, богатых серпентином, и платины в россыпях больше (прииски Рождественский и Воронцовский[12]. Между тем в золотоносных россыпях, почва которых состоит из глинистого сланца

---

[1] Щуровский, 1841, стр. 319; Зайцев, 1898 (1), стр. 43. О сопровождающих платину породах и коренной платине Нижне-Тагильской дачи см. Заварицкий, 1909, стр. 189 и сл.

[2] Колтовской, 1846, 282—283. Здесь, на стр. 247 и сл. обзор Нижне-Тагильских россыпей.

[3] Duparc, 1911, стр. 61.

[4] Краснопольский, 1906, стр. 84.

[5] В. Никитин, 1907, стр. 150.

[6] Рогов, 1874, стр. 45.

[7] Было бы чрезвычайно интересно проанализировать платину из Екатеринбургских золотых россыпей.

[8] Коллекция Академии Наук. По указанию В. Крыжановского. Добыто в 1905 г. 40 кг. См. И. Попов (сост.), 1908, стр. 223.

[9] Энгельгардт, 1829, стр. 71. По указаниям Г. Гельмерсена.

[10] G. Rose, 1842 (1), стр. 144.

[11] Энгельман, 1838, стр. 384; М. Карпинский, 1840 (1), стр. 66 и сл.

[12] М. Карпинский, 1840 (2), стр. 225.

или зеленокаменных пород, платины очень мало (прииски Павло-Петровский, Петропавловский, Миястовский и т. д.). То же самое наблюдается и по отношению к Наралинским горам — здесь, по мере удаления от области серпентиновых пород, платины меньше (прииски Мулдаковский, Свято-Ивановский, Николаевский) и на большом расстоянии она совсем исчезает из золотоносных россыпей. В небольшом количестве платина с осмистым иридием встречена в Балбукских золотых россыпях. Здесь, в Каратабыно-Баратабынской даче, по р. Казнахте изредка встречаются самородки (рис. 22). В *Верхнеуральском у.* мелкая платина известна по р. Койсаку[1], Наблюдалась она по рекам Ташкутарганке, Черной, Атляну. Около Варшавской станицы добывается до 200 г в год[2]. В *Орском у.* встречена в россыпях золота по верховьям рек Уртазыма, Танальска, Сакмары. Всюду находится в связи с выходами оливиновых пород.

Рис. 22. Самородок платины с р. Казнахты Троицкого у. Оренбургской губ.

Коллекция Московского университета. Доставлен И. Г. Жуковским. 1/1

Запасы платины на Урале еще не могут быть определены. Выше 65° с. ш. (588 км в длину) Урал совсем не изучен, и большая часть указанных выше месторождений также не исследована — платина в них лишь констатирована.

84. В *Сибири* платина нигде не встречена в большом количестве, но наблюдалась в очень многих местностях в золотоносных россыпях (на Алтае, по Гельмгаккеру, составляет 1/4000 Au).

В *Тобольской губ.*, в мало изученной северо-западной части, найдена в золотоносных россыпях на склонах Уральского хребта, например по р. Арвынье, притоку р. Маньи (впадает в Сосьву)[3].

В *Томской губ.*, на *Алтае*, в *Томском у.*,— в небольших количествах в золотых россыпях, например по р. Пичугиной[4], притоку р. Ура[5], в Егорьевской золотоносной россыпи по р. Фомихе (бассейн Суенги), правильные октаэдры и кубы[6], около Пезасской россыпи (Прокофьевский ключ, бассейн Нижней Терси[7]). В россыпях системы рек Кочуры, Чулыша и др. (бассейн Кондомы)[8], по р. Корычлану и др. (бассейн Мрассы)[9]. В *Мариинском у.*, в россыпях на Троицком (по р. Талановке)[10], Чебулинском[11] и Воздвиженском промыслах[12] (бассейн Кии), Рахилевском золотоносном прииске по р. Троицкой (бассейн Кии)[13], по Бирикулю (бассейн Кии; коллекция Петербургского университета), Московском золотоносном прииске[14], по притоку р. Кёёре[15]. Изредка в Ала-Тау[15] (система р. Балык-Су). В *Бийском у.*,

---

[1] Стражевский, 1841, стр. 5.
[2] Высоцкий, 1903.
[3] Коллекция Московского университета. Доставлена Д. И. Иловайским.
[4] Гельмерсен, 1848, стр. 23.
[5] Соколовский, 1834, стр. 207.
[6] Эйхвальд, 1844, стр. 104; Чихачев, 1845, стр. 263.
[7] «Горн. журн», 1844, II, стр. 224.
[8] Ковалевский, 1836, стр. 204; Семенов, 1837, стр. 253. Ср. Helmhacker, 1891, стр. 160, 365, 467.
[9] Семенов, 1837, стр. 253. Зерна платины «нередко бывают тесно соединены с зернами золота». Ср. Helmhacker, 1891, стр.160, 373 (золото), 467.
[10] Коллекция Томского университета. Немагнитна (по указанию П. Пилипенко).
[11] Зайцев, 1893 (2), стр. 466.
[12] Ковалевский, 1836, стр. 202.
[13] Мамонтов, 1907, стр. 46. Преобладает осмистый иридий.
[14] Пранг и Ярославцев, 1861, стр. 336.
[15] Helmhacker, 1891, стр. 160—161 (Ала-Тау), 467 (Кёёре).

на Царево-Александровском прииске (по р. Большому Каучуку, бассейн р. Лебеди)[1], в россыпи Петровке наблюдалась платина в кристаллах с золотом[2].

В *Енисейской губ.*[1], в *Енисейском у.*, по р. Тыгину (Воскресенский прииск Переплетчикова), по р. Малой Пенченге (Благодатный прииск Лопатина, бассейн р. Пита)[1], по р. Большому Шааргану, в золотоносной Михайловской россыпи (коллекция Академии Наук; поступила от И. Лопатина), по р. Большой Мурожной (Константино-Еленинский прииск), по р. Енашимо (Ново-Мариинский прииск Григорова) и т. д. В Северо-Енисейской тайге известна самородная платина с р. Нойбы[3]. В *Южно-Енисейском горном округе* шлиховая платина встречалась в Аполлинариевской золотой россыпи по р. Урумку, притоку Удерея[4]. В *Ачинском у.*, в вершинах Белого, Черного и Большого Юса. По р. Изикиюлю (система р. Юса) попадаются крупинки до 1 г[5] (приток р. Шестикхема, бассейн Енисея). В *Минусинском у.*, в Иннокентьевском прииске, по р. Алгиаку[6], платина встречена также в системе р. Енбижека[7]. Небольшие и мало окатанные самородки — в разных россыпях *Усинского окр.*[8]; с р. Койлика (приток р. Теплой; коллекция Академии Наук). В отрогах Куртушибинского хребта, в районе выходов оливиновых габбро или серпентинов по рекам Большому и Малому Хайлыкам, по Ивановке и Сейлихему, в золотоносных россыпях встречается платина и главным образом осмистый иридий. На Ивановке встречен платиновый самородок в 2,5 г[9]. По И. Рачковскому,— в системе р. Золотой. Есть ряд указаний на платину с осмистым иридием с р. Саксыра[10].

В *Иркутской губ*, в *Иркутском у.*, по р. Сарахе, притоку р. Оки[11]. В песке р. Онота (§ 63). В *Нижнеудинском у* — по Бирюсе[12].

В *Забайкальской обл.*, по р. Джиде,— платина, сросшаяся с осмистым иридием, и в *Баргузинском у.* (в тайге)[13].

В *Амурской обл.* небольшое количество платины указывается в золотых россыпях бассейна Малого Олдоя (по р. Аячи) и на золотых приисках системы р. Бома[14].

По Олдою обширный массив, очень напоминающий платиноносные места Урала, сложен из оливинового габбро-норита, богатого дунитом[15].

По указанию Э. Анерта, платина наблюдалась, повидимому, на Андреевском прииске, в бассейне р. Сурама, система Алдана. Может быть, есть и по р. Мамыну[16].

---

[1] Еремеев, 1887, стр. 283; 1898, стр. XV — в руднике «Благодатном» (кубы).
[2] Иностранцев, 1906 (2), стр. 291.
[3] Ячевский, 1909, стр. 66. В коллекции Петербургского университета.
[4] Мейстер, 1904, стр. 108.
[5] Helmhacker, 1891, стр. 161; 1898. Есть реферат в «Вестнике золотопромышленности», 1898 и 1899.
[6] Еремеев, 1898, стр. 15.
[7] Ячевский, 1909, стр. 65.
[8] Сообщено П. К. Алексатом (1905) по указанию горного инженера Д. Н. Степанова. По определению Г. И. Касперовича, удельный вес мелкого самородка 18,6.
[9] Порватов, 1915, стр. 268. Ср. для Усинского края — Коровин, 1915.
[10] Ячевский, 1909, стр. 65.
[11] Коллекция проф. И. Ауэрбаха в Институте сельского хозяйства в Петровско-Разумовском (сообщено Я. Самойловым). Ср. Helmhacker, 1891, стр. 161 (р. Тукша).
[12] Helmhacker, 1891, стр. 160—161.
[13] Реутовский, 1905 (1), стр. 478.
[14] Львов, 1913, стр. 206; Реутовский, 1905 (1), стр. 451. Ссылка на Риппаса.
[15] «Изв. Геол. ком.», 1914, стр. 145. По указанию Я. Макерова.
[16] Ячевский, 1909, стр. 68.

На *Камчатке* платина указывается Оводенко[1] как сомнительная.

В *Якутском* музее имеются некоторые образцы местной платины[2]. Золото по Вилюю, вблизи с. Сунтары, сопровождается металлом платиновой группы[3].

В *Средне-Азиатской России*, для *Сыр-Дарьинской обл.*, *Ташкентского у.*, была заявка[4].

В *Семиреченской обл.*, в *Джаркентском у.*, о редком нахождении платины приводит указание Вебер (1917, стр. 75—76). Он ссылается на Брусницына (1892, стр. 465). Есть еще указание Г. С. Карелина 1841 г.: «По уверению киргизов, в вершинах р. Каратала попадало много серебра и зерна белого металла, который ни они, ни китайцы не могли расплавить»[5].

В *Финляндии*, в *Улеаборгской губ.*, в Лапландии, платина была найдена сперва в 1870 г. в золотоносных песках по р. Ивало[6]. Можно было убедиться, что она находится в россыпях Финской Лапландии в немногих участках, где сконцентрировано богатое золото, вблизи выхода золотоносных жил[7]. Она была найдена во многих россыпях, кроме Ивалойоки (например, в Гангасойа и Люттойоки), в ничтожных количествах. Наконец в последнее время ее удалось найти вместе с Au в коренном месторождении, в своеобразных кварцево-сидеритовых жилах,— местами в большем количестве, чем золото[8].

85. Иридий, иридистая платина, палладий в России. Первые два тела являются обычными спутниками платиновых и осмиево-рутениевых минералов. В небольшом количестве они очень часты в платиновых россыпях *Урала* (§ 83). Сент-Клер Девиль и Дебрэ нашли их в большинстве осмистых иридиев и «платиновых остатков» Урала[9].

Так, они известны в *Пермской губ.*, в *Невьянских*, *Нижне-Тагильских* и других россыпях[10]. В *Гороблагодатских* россыпях встречены зерна, сросшиеся с хромистым железняком[11].

В *Оренбургской губ.*, в *Троицком у.*,— в Нижне-Миасском золотом прииске[12].

В *Сибири*, в *Енисейской губ.*, по р. Огнё, притоку р. Енашимо (бассейн Подкаменной Тунгуски),— в Гавриловском золотом прииске Рязановых. В Мариинском золотом прииске (по Севагликону, бассейн Енашимо) — иногда тетраэдры и октаэдры[13].

Самородный п а л л а д и й указан в платиновых россыпях на *Урале*[14].

---

[1] О в о д е н к о, 1913, стр. 127.
[2] В. Н и к о л а е в, 1913, стр. 73.
[3] К. Е г о р о в, 1916, стр. 20.
[4] А н д р е е в, 1912, стр. 102.
[5] Л и н с к и й, 1905, стр. 119.
[6] A. N o r d e n s k i ö l d, 1870 (2), стр. 336.
[7] По Сведелиусу, см. S a r l i n, 1902. Ср. F i r c k s, 1906 (1).
[8] F i r c k s, 1906 (1), стр. 26.
[9] Они считают это тело особым сплавом Ir, Pt и Rh, не соединяя его с иридистой платиной Берцелиуса и Сванберга. См. H. S a i n t e C l a i r e D e v i l l e et H. D e b r a y, 1859, стр. 467. Повидимому, эти тела включены в платину и получаются при растворении ее зерен (§ 70).
[10] Об уральских см. B r e i t h a u p t, 1833, стр. 1 и сл.; 1835, стр. 526; G. R o s e, 1842 (1), стр. 396; Е р е м е е в, 1879, стр. 155 и сл.
[11] S c h ü l e r, 1833, стр. 407. О гороблагодатской иридистой платине см. К о з и ц к и й, 1844, стр. 170—171.
[12] Коллекция Московского университета.
[13] Е р е м е е в, 1887 (2), стр. 283; 1898, стр. XV—XVI.
[14] B r e i t h a u p t, 1826. Уд. вес 12,93, 13,2; 1833 стр. 1. H e l m h a c k e r, 1898 (1), стр. 470. Не γ-палладистая платина? (§ 80). Этот «палладий» не изучен. В Нью-Йоркском музее хранится из коллекции Бемента довольно большая (до 1,5 см) пластинка, сплющенная искусственно из самородка палладия на Урале. Требует проверки.

86. Труд человека. Эта группа минералов служит единственной рудой, откуда добываются в настоящее время столь важные в культурной жизни человечества платина и платиновые препараты. Отчасти из них же добывают иридиевые и осмиевые соединения.

Платина известна была еще в древности[1]. На это, несомненно, указывают не только ясные и едва ли иначе понимаемые описания древних писателей, например Плиния[2], но и археологические находки, правда очень редкие. Так, в обработанном виде, в изделиях найдена платина, богатая Ir, в древнем Египте[3]. Едва ли платина имела большое распространение в классическом мире. Она встречалась попутно, вместе с золотом. Точно так же мало известно ее употребление в Египте, ибо история металлов в Египте мало разработана, и мы имеем для них ряд названий, значение которых нам непонятно. Нельзя не отметить, что платиновые россыпи в южной Абиссинии (§ 80) соприкасаются с местами, откуда в древности шло в Египет золото[4].

Как бы то ни было, платина была забыта после распадения Римской империи. Она была вновь встречена впервые испанцами вскоре после открытия Америки, в поисках за золотом, повидимому уже в первые десятилетия после открытия Перу. По крайней мере, уже у Скалигера (ум. в 1558 г.) мы имеем ясные указания на знакомство с платиной. Скалигер[5] указывает, что в россыпях «латуни» (fodina aurichalci) между Мексикой и Дариенским перешейком встречен металл, который никаким путем не мог быть расплавлен испанцами. Однако позже так или иначе эта задача была решена, ибо в первой половине XVIII столетия платина попадала в руки ученых уже в обработанном виде. В таком виде имел ее, вероятно, известный физик начала XVIII столетия с'Гравезанд. Ибо с'Гравезанд имел в своем распоряжении кусок металла, более тяжелого, чем золото[6].

Однако в научной литературе первые более точные указания о платине появились лишь в середине XVIII столетия. В это время, в 1748 г., Уллоа[7] в описании своей поездки в Перу в 1735 г. указал на ее нахождение в золотоносных россыпях в Чоко, в современной Колумбии, а Вуд сообщил

---

[1] Картиновис (Cartinovis, 1760) первый указал на вероятное знакомство греков и римлян с платиной. Об этом см. еще Revers, 1827. F. Höfer, 1842, стр. 140; Schweigger, 1835, стр. 385 и сл.; 1848. Перевод первых работ по платине был издан в сборнике: «La platine, l'or blanc et le huitième metal», Paris, 1758.

Анонимный редактор сборника, один из учеников Руэлля, дал к нему любопытное предисловие.

[2] Плиний, 1819, стр. 127. Другое толкование этих мест см. H. Kopp, 1847, стр. 221.

[3] M. Berthelot, 1906 (1), стр. 35 и сл. В VII веке до н. э.

[4] Любопытно, что один из неизвестных древних египетских металлов — «белое золото» (не электрум) — носит то же самое название, каким абиссинцы теперь называют платину (белое золото). Об этом «белом золоте» Египта см. Brugsch, 1891, стр. 400. Бругш доказывает, что это не был электрум (который тоже называется белым золотом), но никак его не объясняет, думая видеть в нем другой сплав Ag+ Au. Различение двух разных сплавов Ag и Au явно невероятно. Не была ли это платина? Старинным названием платины в древнем мире тоже было «белое золото». Так описал платину и Шеффер в 1752 г.

[5] Scaliger, 1582, стр. 323. См. исторический очерк Vandevelde, 1920, стр. 331. В Южной Америке платина известна с 1520—1530 гг.; она употреблялась для тарирования весов вместо свинца и т. п. — Boussingault, 1903, стр. 7.

[6] Первые исследователи платины, например, Уотсон, определенно на это указывают: W. Watson, 1752, стр. 585, 587. С'Гравезанд получил свой кусок не из Америки, а из Восточной Индии. См. «La platine etc.», Paris, 1758, стр. 13. Таким образом, платина из Азии была известна раньше американской.

[7] Ulloa, 1748, стр. 606.

Королевскому обществу в Лондоне в 1750 г. о разнообразных опытах, сделанных им на несколько лет раньше, подтвержденных Браунриггом и Уотсоном и указывавших на своеобразную металлическую природу этого тела[1]. Одновременно опубликовал свои наблюдения в Стокгольме Шеффер, исследовавший материал, привезенный в 1750 г. Руденшельдом[2]. Шеффер впервые подчеркнул элементарную природу этого тела, как нового, восьмого в то время металла.

Открытие самородной платины возбудило большое внимание, так как оно колебало господствующую научную теорию благородных металлов. Оно нанесло удар одной из основных идей, связанных с получением золота, ибо золото, синтетически получать которое стремились алхимики, считалось в это время самым тяжелым металлом. Задача его получения сводилась более глубокими теоретиками к уплотнению материи. Казалось, она будет разрешена, если будет получен металл одинакового с золотом удельного веса. В более тяжелой, чем золото, но резко от него отличающейся платине неожиданно нашелся металл, разбивавший все эти теоретические предположения. В старинной литературе второй половины XVIII века эти далекие нам интересы проходят красной нитью, выступают на первое место.

87. В Южной Америке платина была известна давно уже потому, что месторождения Нонама, Тамана и Сипи, где она разрабатывалась с начала XVII столетия, содержат в россыпи золото и платину почти в равном количестве[3]. Очень вероятно, что она была известна древним туземным племенам[4] и от них местные испанские металлурги и ремесленники научились ее плавить много раньше, чем этого добились ученые химики Европы.

Так или иначе, платина попала в Европу не только в самородном состоянии, но и в изделиях — ювелирных вещах и т. п. Ее также прибавляли по весу к золоту (она ценилась на месте по весу за $^1/_2$ серебра), отделять от которого не умели и отличать примесь обычными приемами не могли. Такая порча золота вызвала борьбу с платиной испанского правительства, сделавшего в 1735 г. распоряжение бросать всю платину в реки Боготу и Кауку под контролем королевских чиновников[5]. После поездки Уллоа, в 1778 г., эта мера была отменена — платину велено было сдавать в казну. В 1788 г. за эту платину стали платить деньги, и она шла в испанском монетном дворе на подмесь к монете[6].

Сделавшаяся было более редкой, к концу века платина стала, благодаря прекращению ее уничтожения, более доступной. В 1772 г. и в Европе Зиккинген нашел способ приготовлять платиновые пластинки и проволоку. В 1784 г. Ашар приготовил первый платиновый тигель. Постепенно началось

---

[1] Статьи: Brownrigg, 1752 и W. Watson, 1752. В руки испанского правительства она попала также в 1750-х годах (через Уллоа?). Исследование ее было поручено Боулесу; см. Bowles, 1776, стр. 180.

[2] Scheffer, 1752, стр. 269 и сл., 274 и сл.

[3] Левинсон-Лессинг, 1921, стр. 1.

[4] W. Watson, 1752, стр. 588. Есть указания на то, что оплавленные куски платины служили предметом поклонения. Ср. Bournon, 1813, стр. 460. В округе Бушвельд она найдена в хромитах, аналогично Уралу. Об этом см. A. Hall a. W. Humphrey, 1909, стр. 76.

[5] Berthollet et Pelletier, 1792, стр. 21; Соболевский, 1827 (1), стр. 4; B. Neumann, 1904, стр. 356. По исчислению Гартмана (1831), в год выбрасывалось платины при добыче золота и алмаза в Борнео не менее 250 кг (Hartmann, 1842, стр. 529).

[6] B. Neumann, 1904, стр. 356.

техническое применение платины — сперва Шабанон в Испании[1], позже ювелир Жаннети в Париже начали готовить научные приборы из платины. Их приемы работы, так же как условия обработки Бреона и Волластона в начале XIX столетия, держались в строгом секрете. Скоро применение платины стало больше. В 1808 г. появились впервые большие сосуды из платины во Франции, для изготовления серной кислоты[2]. В 1827 г. русские ученые Соболевский и Любарский нашли, независимо, способ обработки платины и опубликовали его, а вскоре был открыт секрет Волластона, после его смерти[3].

Вначале употреблялась исключительно платина, которая добывалась в Чоко, в Новой Гренаде, где, по исчислению Канкрина при введении платиновой монеты в России, добывалось ее в год 650 кг (1828)[4]. В 1828 г. была введена в России чеканка платиновой монеты, и под ее влиянием за период ее существования (1828—1845) происходила усиленная добыча платины на Урале, главным образом в Нижне-Тагильских россыпях. Всего за этот период добыто на Урале платины до 33 т. В это время русская платина шла исключительно для монеты и спрос на платину для техники и научных целей удовлетворялся на Западе южноамериканской платиной[5]. Прекращение в 1845 г. чеканки монеты вызвало кризис в платиновой промышленности России, но вскоре работы Сент-Клер Девиля и Дебрэ (1852—1857) привели к полному изменению металлургии платины, и спрос на нее значительно увеличился Платиновая промышленность, благодаря значению платины как в научных потребностях, так и в медицине (зубоврачебном искусстве и т. д.) и в технике (главным образом в химической и электрической промышленностях), постоянно растет. На первое место выступила уральская платина, особенно после того, как накопившиеся в государственных учреждениях России запасы чистой платины, вследствие прекращения чеканки монеты, были проданы по относительно дешевой цене за границу, куда уходила и уральская сырая платина (главным образом в английский дом Джонсон, Маттэ и К°) после разрешения ее вывоза в сыром виде в 1867 г.[6]

И в настоящее время платина добывается главным образом на Урале — большей частью в округах Гороблагодатском, Бисерском, затем Нижне-Тагильском[7]. Здесь с 1824 по 1905 г. добыто около 200 т платины[8], а в Колумбии с 1737 по 1900 г. всего 16—20 т[9]. В 1904 г. мировая добыча пла-

---

[1] Шабанон привез большие слитки платины в Париж около 1784 г. (Berthollet et Pelletier, 1792, стр. 26). Повидимому, Шабанон знал способ ее обработки, которым пользовались испанцы в Америке.

[2] Нейман (B. Neumann, 1904, стр. 355) указывает, что первый сосуд сделан в 1809 г. английской фирмой Джонсон, Маттэ и К° и весил 13 кг.

[3] См. историю отделения платины у Соболевского, 1827 (2), стр. 87 и сл.; об очищении и обработке сырой платины: 1827 (1); 1835, стр. 525 и сл.

[4] По Соболевскому, не более 410 кг (Соболевский, 1835, стр. 525).

[5] Шнейдер, 1903, стр. 5 и сл.; Гендриков, 1900 (1); Гулишамбаров, 1905.

[6] После того, как закон 5.II.1862 г. о восстановлении чеканки платиновой монеты не был приведен в исполнение. Об этом см. Гулишамбаров, 1905, стр. 38—39.

[7] См. о современном положении платинового дела, сверх указанных раньше,— Е. Барбот де Марни, 1903, стр. 29 и сл.

[8] Гендриков, 1900 (2), стр. 75; Шнейдер, 1903, стр. 9; Гулишамбаров, 1905, стр. 5; И. Попов, ред., 1908, стр. VI. Эта цифра несомненно ниже действительной. Ср. прим. 1 на стр. 115. С 1825 по 1900 г., по другим указаниям, — 157,2 т (B. Neumann, 1904, стр. 361).

[9] B. Neumann, 1904, стр. 362.

тины достигала, по официальным сведениям, около 6,3 т, из них 6 т с Урала и 0,3 т из Южной Америки[1].

В 1911 г. мировая добыча платины составляла 6,14 т, из них на долю России пришлось 5,77 (93,1%), Колумбии 0,37 (6,1%). В России добыто платины (в т)[2]:

1843—3,5	1883—1,9
1853—1	1893—5,1
1863—2,15	1903—6
1873—1,5	1913—5

Несмотря на все поиски, до сих пор не найдены новые источники платины. Повышение цен в 1906—1907 гг. привело лишь к попыткам разрабатывать коренные уральские месторождения. Из платиновых стран можно лишь иметь в виду Абиссинию, Борнео, Колумбию, может быть Канаду и Индокитай. Ныне известные месторождения Бразилии не имеют практического значения ввиду малого количества находящейся в них платины, но надежда на новые находки не может считаться вполне исчерпанной[3]. Под влиянием высоких цен на платину в Северо-Американских Соединенных Штатах с 1904 г. было обращено серьезное внимание на нахождение платины в золотоносных шлихах. В результате, в Калифорнии и Орегоне вместо 0,03 т в 1903 г. добыто в 1904 г. 0,06 т[4]. Вся мировая добыча платины до конца XIX века едва ли достигала 240—250 т.

Платина, собираемая человеком, постепенно истирается и рассеивается вследствие применения в лабораторной и технической практике. Ее запас постепенно растрачивается.

Являясь почти единственным производителем платины, Россия не сумела воспользоваться своим исключительно благоприятным положением. Переработка платины сосредоточена в Великобритании, отчасти во Франции и Германии[5].

88. **Диагностика.** Физические свойства см. § 71. Все разности неплавки перед паяльной трубкой. Они не меняются при нагревании. В царской водке самородный иридий и иридистая платина неразложимы (отличие от всех других разностей платины, которые переходят при этом в раствор). Платина, β-ферроплатина и β-поликсен после растворения в царской водке дают с нашатырем желтый осадок, тогда как α-поликсен и α-ферроплатина — оранжевый или бурый от иридия[6]; α-палладистая платина очень легко растворяется в слабой царской водке[7], β-палладистая растворяется гораздо труднее и то только в крепкой царской водке; от прибавления нашатыря из этого раствора выпадают желтые октаэдры Am_2PtCl_6 и длинные плеохроичные темножелтые иглы Am_2PdCl_6. Цвет α- и β-ферроплатины черный или темносерый, α- и β-поликсена—светло-

[1] D. Day, 1906, стр. 359—360. Эти цифры ниже действительных. Ср. Гулишамбаров, 1905, стр. 73—74. Ибо потребление платины превышает втрое ее мировую добычу. Вероятно, в России добывается не 6 т, а не меньше 8—9 т. Платина идет и из Абиссинии (§ 80), где она продается, по указанию А. Мягкова, в гаванях Красного моря. Эта платина совершенно не учитывается.

[2] «Общий обзор горной и горнозаводской промышленности», Пг., 1915, стр. 77.

[3] Hussak, 1906 (1), стр. 291.

[4] D. Day, 1906.

[5] Долго монополия на платину принадлежала английской фирме Джонсон, Маттэ и К°. С 1903 г. перешла к французской фирме — Индустриальная компания платины. С 1913 г. сделаны попытки государственной регистрации и контроля в России (Левинсон-Лессинг, 1921, стр. 19).

[6] См. Мухин, 1842, стр. 108, 134.

[7] Hussak, 1904, стр. 459.

серый. Самородный иридий и иридистая платина имеют цвет светлосерый с желтоватым оттенком[1]. Можно попытаться сопоставить известные свойства разностей платины в следующей таблице[2].

	Платина	α-ферроплатина	α-поликсен	β-ферроплатина	β-поликсен	α-палладистая платина	β-палладистая платина	Иридий Иридистая платина
Спайность	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Неясная по {100}
Твердость	—	4	—	4[3]	4	—	—	6—7
Уд. вес	—	14	17	11,8—15	16,5—19	15—16[4]	18—20,5[5]	22,6—22,9[6]
Ковкость	—	Ковкая	Ковкая	Ковкая вначале, но потом ломается[7]	Вполне ковок[7]	—	—	—
Магнитность	Немагнитна	Часто	Обычно нет	Часто	Обычно нет	Немагнитна	Немагнитна	Магнитны

Природные осмий — рутений — родий — иридий

Сысерскит. Невьянскит. Осмит. Рутениевый невьянскит. Родиевый невьянскит. Платиновый невьянскит

89. Химический состав. Как мы видели, рутений в природе никогда не встречается в одних минералах с платиной и палладием, а осмий наблюдается в них очень редко. Однако минералы осмиево-рутениевые образуются при одинаковых условиях с природной платиной, иногда даже выделяются совместно с платино-палладиевыми телами. Так как и физический характер этих тел резко отличен от Pt-Pd веществ, то их соединение в одну группу было обусловлено неточными химическими анализами, сделанными над нечистым веществом, и неправильным приложением к этой группе понятия об изоморфизме, тогда как осмий и рутений резко отличны по своим свойствам от платины.

---

[1] Для иридистой платины (Борнео) Черник (1912) дает следующие указания: белая, уд. вес 22,19, тв. 5—6, мало ковка.

[2] Среди свойств уральской платины нельзя не отметить одно неизученное явление. При обработке ее порошка царской водкой Мухин заметил, что часть ее зерен делается матово-черной, а другая становится белой, блестящей. В химическом составе их Мухин не нашел разницы. По моим опытам, нет надобности действовать царской водкой, — тот же результат производит HNO_3. Это явление заслуживает дальнейшего исследования.

[3] Твердость β-ферроплатины несколько больше; см. Breithaupt, 1826, стр. 502.

[4] См. Hussak, 1904, стр. 459.

[5] См. Hussak, 1906 (1), стр. 291.

[6] Сванберг (Svanberg, 1835) дает малый удельный вес. См. § 68. Большой удельный вес иридистой платины и самородного иридия по сравнению с платиной может быть обусловлен чисто случайными обстоятельствами, меньшей пористостью взятого для исследования порошка. Может быть, влияет меньшая примесь железа.

[7] См. Breithaupt, 1826, стр. 502—503.

В этих минералах мы имеем соединения Os, Ru, Ir и Rh, но характер химической связи в них неясен: очень вероятно, мы имеем здесь определенные химические соединения — осмистые и рутенистые тела, аналогичные фосфористым или азотистым. Если бы это подтвердилось, то место этих веществ в химической системе минералов должно быть иное и они должны быть перенесены в другую — особую — группу минералов. К сожалению, ни свойства природных тел, ни химия искусственных соединений не позволяют нам сделать это с несомненностью ввиду их малой изученности. А потому будет осторожнее оставить их на том месте, на которое поставила их научная традиция, и рассматривать их как металлические сплавы.

90. Наши знания об этой группе еще более недостаточны, чем это мы видели для природной платины. Даже беглый просмотр порошков природного осмистого иридия ясно указывает нам на чрезвычайную неоднородность относящихся сюда соединений. Уже первые исследователи выделили среди них несколько тел, но только немногие из них изучены химически, и большинство в общем немногочисленных анализов относится к смесям, а не к однородному веществу. В разных местностях наблюдаются различные тела или преобладают те или иные из «зерен» осмистого иридия.

По всей видимости, мы имеем здесь 6—8 различных тел, очень сильно отличающихся по своему химическому составу. Порошок осмистого иридия, как только он попадает в руки исследователя, получается вместе с золотом или платиной при отмучивании из россыпи ее тяжелых частей; иногда при этом остатки бывают обработаны ртутью или царской водкой. Получаемый остаток осмистого иридия различается по цвету и по форме зерен. Оставляя в стороне находящиеся при этом в нем иридистую платину и самородный иридий, точно так же неразложимые в царской водке и очень тяжелые, мы можем различить в этом порошке следующие части:

1) Наиболее легкие (удельный вес максимум 16,445) черные части, сильно окатанные (т. е. более мягкие), без следа спайности. Такие зерна наблюдаются в осмистом иридии из Бразилии и с Урала; в них были найдены Os и Ir впервые Теннантом[1]. К сожалению, мы до сих пор не имеем анализа этого вещества[2] — осмита.

---

[1] Tennant, 1804, стр. 412; Berzelius, 1834 (1), стр. 232. Состав этого порошка по описанию не вполне подходит к данным Берцелиуса. Это порошок не светлый, как говорит Берцелиус, а черный, и, по указанию Теннанта, раньше смешивался с графитом («plumbago»). Уд. вес его 10,7. Ср. Р. Герман, 1836, стр. 233. По Волластону (Wollaston, 1805, стр. 317), уд. вес. этого порошка в крайнем пределе 14,2. Есть две легкие разности — светлая и темная? Он легче других (Os, Ir) разлагается селитрой; Laugier, 1825, стр. 295.

[2] Берцелиус (Berzelius, 1834 (1), стр. 232) говорит, что он анализировал это тело, но чисел он не дает. По его мнению (Berzelius, 1835, стр. 178), состав его несомненно отличен от состава обычного уральского осмистого иридия. Берцелиус указывает, что остаток от обработки платины царской водкой, состоящий из осмистого иридия, имеет уд. вес 15,78 (Berzelius, 1844, стр. 435), но он смешан с хромитом и магнетитом. Эта примесь, может быть, и влияет на удельный вес? Берцелиус (1844, стр. 450) считает, что эти зерна «не кристалличны». Это, как мы знаем (§ 70), неверно. Качественная проба этих платиновых остатков из уральской платины, сделанная Дерингом, может быть, была сделана не над вполне чистым веществом. Так же сомнительны числа Германа (57,4% Ir и 42,6% Os); см. Р. Герман, 1836, стр. 227—228. О сложности «осмистого иридия» см. еще Черник, 1912, стр. 68. К осмиту, может быть, относится одна из разностей осмистого иридия с Борнео, изученных Черником (разность *f*). Для точного определения ее было слишком мало. Тв. 5—6; уд. вес 14,25; спайность заметна; по цвету напоминала цейлонский графит; хрупка. Приблизительно 10% Ir, 80% Os, 5% Rh (Черник, 1912, стр. 72, 76—77). Повидимому, Черник наблюдал на Борнео и платинистый невьянскит (разность *f*). В нем было около 60% Ir, 20% Os, 5% Pt и 10% Rh. Уд. вес 19,26, тв. 7, хрупок, ясная спайность.

2) Черного цвета, блестящие пластинки, очень тяжелые. Судя по анализу Сент-Клер Девиля и Дебрэ, это родистый невьянскит[1].

3) Зерна неправильной формы и небольшие самородки с сильно колеблющимся удельным весом — от 18,6 до 20,5[2]. По анализам Сент-Клер Девиля и Дебрэ, эти тела не содержат рутения, т. е. относятся к невьянскиту[3].

4) Очень блестящие, с ясной спайностью, светлые зерна, очень твердые — большей частью в виде гексагональных пластинок. Уд. вес 18,9—19,25. Судя по анализам Девиля и Дебрэ, это рутениевый невьянскит

5) Плоские, темные, менее блестящие зерна с ясной спайностью, иногда в кристаллах, очень тяжелые. Удельный вес их достигает 21,11. Повидимому, эти пластинки очень богаты осмием[4], но анализ их сделан не был. Были изучены Берцелиусом только потери от прокаливания, которые Берцелиус относил целиком к осмию. Эти потери дали 75—80% всего вещества, отчего Берцелиус придавал этому телу формулу $IrOs_3$ и $IrOs_4$[5]. Это тело позже названо сысерскитом.

Однако на этом сложность «осмистого иридия» не заканчивается. Описывая вещество, взятое им для анализа, проф. Клаус указывает на присутствие в нем еще одного тела — «желтовато-серых металлических частиц»[6], которые не подходят ни к одной из указанных выше категорий. Они делают очень вероятным присутствие еще одного вещества, на что указывает и анализ Клауса, дающий большое количество платины. Может быть, это платиновый невьянскит (см. § 91).

Эти шесть веществ не охватывают всего разнообразия порошка осмистого иридия. Всякий, кто имел его в руках и внимательно в него всматривался, мог различить в нем еще отдельные зерна, природа которых совершенно непонятна. Лишь дальнейшие, более точные исследования могут позволить выяснить природу этих тел. В настоящее же время мы вынуждены считаться с неполнотой нашего знания и дальше идти в анализе порошка не можем. Кроме осмистых тел, здесь почти всегда находится еще «иридистая платина» или «самородный иридий», на вид очень близкие к некоторым разностям (Os, Ir)[7].

---

[1] См. H. Sainte Claire Deville et H. Debray, 1859, стр. 467, 481—482. По их описанию, «похожи на порошок сурьмянистого свинцового блеска» (стр. 467).

[2] Последнее для анализированного богатого иридием (70,36%) тела; см. H. Sainte Claire Deville et H. Debray, 1859.

[3] Клаус (1860, стр. 165) считает этот вывод Девиля и Дебрэ неверным. Рутений содержится в этой руде («менее блестящая дендритовая руда»), но в меньшем количестве. Осмия также в ней меньше. Вероятно, к невьянскиту относится тот материал, который прежде шел на приготовление перьев. Торрей говорит про эту разность: «Зерна осмистого иридия, годные для перьев, закругленные и прочные, не расслаивающиеся при ударе или нагревании. Они, повидимому, имеют иной состав, чем спрессованные или таблитчатые кристаллы. Содержание их в общем составе обычно не больше 10%, но иногда оно доходит до 20%» (для калифорнийской руды). См. Gibbs, 1861, стр. 64.

[4] Исследование этих тел было сделано до открытия рутения. Метод прокаливания ничтожных кристалликов (вес их был 45—49 мг), очевидно, не дает никаких точных количественных указаний.

[5] См. Berzelius, 1834, стр. 236—237.

[6] Клаус, 1844, стр. 140—141.

[7] См. G. Rose, 1842 (1), стр. 396. Сент-Клер Девиль и Дебрэ считали, что всегда здесь находится какое-то соединение Ir, Pt и Rh и, может быть, Pd, нерастворимое в царской водке, но растворимое в расплавленном свинце (H. Sainte Claire Deville et H. Debray, 1859, стр. 467).

91. Химический анализ этих тел дает для них Ir, Os, Ru, Rh, Cu, Fe, иногда Pd, Pt, Pb. Может быть, в них заключается и серебро, отдельные пробы на которое не делались. Из всех этих элементов наибольшее значение имеют четыре первых элемента, может быть, еще Cu, Fe и Pt.

Сводя вместе все немногие имеющиеся анализы, мы имеем для этой группы следующие более или менее точно химически установленные тела[1]:

	Ir	Rh	Pt	Ru	Os	Cu	Fe	Pd	Число анализов
1. Невьянскит . . .	46,8—77,2	0,5—7,7	0,1—3,1	0—0,5	21,0—49,3	0—0,9	0—1,4	0—сл.	8
2. Рутениевый невьянскит .	35,5—57,8	0—5,7	0—0,6	4,7—8,5	33,5—54,4	0—0,8	Сл.—1,5	—	6
3. Родиевый невьянскит . . .	70,0—70,4	11,3—17,2	—	—	17,2—17,3	0—сл.	Сл.—0	—	2
4. Платиновый невьянскит[2] .	55,2	1,5	10,1	5,9	27,3	Сл.	Сл.	Сл.	1
5. Осмит . .	35,5	—	—	8,17	54,37	—	1,44	—	1
6. Сысерскит	17,0	4,5	0,2	8,9	67,9	0,03	0,03	—	1

На этом химическая сложность этих тел, безусловно, не кончается, и очень возможно, что роль других элементов более существенна, чем предполагается. Так, свинец едва ли может быть относим к искусственным примесям[3]. Возможно нахождение в этих телах серебра[4]. Значение родия и особенно рутения совершенно не выяснено[5].

Наконец, вполне возможно нахождение здесь новых, неизвестных химических элементов, как это думал Клаус (1847, стр. 262).

---

[1] C. Hintze, I, 1898, стр. 136. Главным образом это анализы Сент-Клер Девиля и Дебрэ. Рутениевый невьянскит — анализ Лейдиэ и Квенессена («Горн. журнал», 1905, I, стр. 400), осмит — анализ Гортона («Горн. и зол. изв.», 1913, стр. 322). См. также анализы Черника (1912).

[2] Существование этого тела неясно. Большое количество платины указано только Клаусом в единственном опубликованном им анализе осмистого иридия (Клаус, 1844, стр. 140—141; 1854, стр. 60), причем о материале одного и того же анализа он говорит различно. В русском оригинале (1844) он указывает, что взятая для анализа руда была неоднородна: «Одна часть этой руды состояла из весьма блестящих таблиц, другая из зерен с серебристым блеском, третья из ноздреватых, более тусклых зерен, четвертая из желтовато-серых металлических частиц» (стр. 141). В немецком тексте (1854) — вещество того же анализа было «в виде блестящих шестисторонних табличек». Сент-Клер Девиль и Дебрэ (H. Sainte Claire Deville et H. Debray, 1859, стр. 467) думают, что вся Pt осмистого иридия (иногда до 7%) принадлежит другому телу, состоящему из Pt, Ir и Rh (т. е. иридистой платине), растворимому в жидком свинце.

[3] G. Rose, 1842 (1), стр. 393 (Урал). Сам Розе считает примесь свинца искусственной. Ср. § 92.

[4] H. Sainte Claire Deville et H. Debray, 1859, стр. 440 — это относится к «платиновым рудам», ибо получаемый из них Pd обычно не свободен от Ag.

[5] В русских невьянскитах и сысерскитах рутений, по мнению Клауса, находится всегда (§ 90). Обычно осмистый иридий Урала содержит около 5,7% Ru. См. Клаус, 1845, стр. 163. В калифорнийском его больше (Cibbs, 1861, стр. 64).

92. Сложность химического состава этих тел увеличивается еще благодаря тому, что они дают закономерные образования — сростки. Так, известны совершенно правильные сростки невьянскита и сысерскита: пластинки этих тел переслаиваются[1]. С другой стороны, для самородков осмистого иридия из Орегона и Калифорнии ясно видно, что они имеют структуру, очень схожую с пегматитовой, где цементом является (Pt, Fe), удаляемая при обработке царской водкой[2]. Это то же строение, какое известно для платины (§ 70). Очень своеобразны зерна из некоторых россыпей Урала (Царево-Александровская россыпь и др.), где цементом являлось золото, иногда содержащее свинец[3].

Наконец, вполне возможно еще одно срастание — срастание осмистого иридия с лауритом — RuS_2. В последних своих работах Сент-Клер Девиль и Дебрэ[4] склонялись к тому мнению, что главная масса рутения находится в данных телах в таком закономерном срастании с (Os, Ir), т. е. для рутениевого невьянскита приходится придавать формулу $pRuS_2 + q(Os, Ir)$. Но точные данные для такого взгляда не были опубликованы. Эти исследователи находили лаурит во всех осмистых иридиях.

93. Физические свойства. Точно так же недостаточно известны и физические свойства этих тел. Все разности осмистого иридия, вероятно, кристаллографически идентичны; они кристаллизуются в гексагональной системе [дигексагонально-дипирамидального класса $L^6 6L^2 7Pc$]. Первоначально относили их к гемиэдрии, с отношением осей 1 : 1,4105[5]

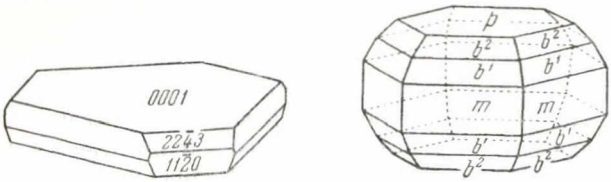


Рис. 23 и 24. Кристаллы осмистого иридия.

На рис. 23— из уральских россыпей (по Еремееву, 1868); на рис. 24 — из россыпей Чоко в Новой Гренаде (по Леви, 1837). $p\{1000\}$; $m\{11\bar{2}0\}$; $b^1\{22\bar{4}3\}$; $b^2\{11\bar{2}3\}$ (в установке Розе, 1851). Увеличено

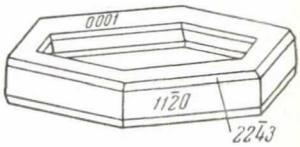


Рис. 25. Параллельные срастания осмистого иридия.

(По Еремееву, 1868). $\{11\bar{2}0\}$, $\{22\bar{4}3\}$, $\{0001\}$ в виде скелета. Увеличено

Обыкновенно встречаются пластинчатые кристаллы, благодаря развитию формы {0001} (по которой идет и совершенная спайность); другие формы встречаются редко и слабо развиты. Чаще других, в виде узких площадок, встречаются, по Розе и др., $\{11\bar{2}0\}$ и $\{22\bar{4}3\}$[6] (рис. 23 и 24). Двойники не

---

[1] Еремеев, 1868, стр. 249.

[2] По указанию Шаплей. См. Kemp, 1902, стр. 53. Совершенно такие же «самородки» встречаются в уральской платине.

[3] G. Rose, 1842 (1), стр. 39, 393.

[4] H. Sainte Claire Deville et H. Debray, 1875, стр. 538.

[5] G. Rose, 1851, стр. 98. Это отношение осей требует проверки. По Де Бурнону угол (0001) с господствующей пирамидой равен 55°18′, по Розе 62°0′, по Еремееву 52°10′, по Брейтгаупту 57°5′. Удобнее было бы принять господствующую $\{hh\bar{2}hl\}$ за основную $(10\bar{1}1)$. [По рентгеновским данным, $a_0 : c_0 = 1 : 1{,}596$. Для грани $(10\bar{1}1)$ $\varphi = 30°$, $\rho = 61°31'$, для $(11\bar{2}2)$ $\varphi = 0°$, $\rho = 57°56'$. Форма Розе $\{11\bar{2}0\} \rightarrow \{10\bar{1}0\}$; $\{22\bar{4}3\} \rightarrow \{20\bar{2}3\}$].

[6] Bournon, 1813, стр. 200; Breithaupt, 1833, стр. 6; G. Rose, 1833, стр. 452; 1851, стр. 98; A. Lévy, 1837 (2), стр. 308; Еремеев, 1868, стр. 245 и сл.; 1887 (1), стр. 272; Lasaulx, 1882, стр. 99.

наблюдались. Как большая редкость встречались оригинальные параллельные сростки (рис. 25), аналогичные платине (см. рис. 15). Сростки подобного характера, без отверстия в середине, наблюдаются среди зерен уральского осмистого иридия нередко[1].

Осмистый иридий нередко встречается и в самородках, большей частью в очень мелких зернах (рис. 26—28). Строение этих зерен резко отличается от строения платиновых зерен, так как они являются большей частью целым кристаллом, легко раскалывающимся по спайности (ср. § 92). Иногда

Рис. 26 и 27. Самородки осмистого иридия из Туралинских россыпей Верхне-Нейвинского завода.
Коллекция Академии Наук. Фото Н. Сургунова. 1/1

наблюдаются зерна, сросшиеся из нескольких кристаллов. Благодаря совершенной спайности пластинка осмистого иридия встречается чаще его зерен, которые при истирании раскалываются. В россыпях нередки и отдельные его кристаллы, которые, благодаря твердости, мало окатаны.

94. Чрезвычайно характерна и обычна своеобразная скульптура плоскостей его кристаллов на {0001} (рис. 29 и 30). Базопинакоид большей частью не гладкий, если он не образован благодаря спайности. Иногда наблюдается переход этой скульптуры в параллельные сростки, напоминающие железную розу.

Рис. 28. Самородки из Енисейской тайги. Часть осколка по спайности.
Коллекция К. Шишковского. Фото Н. Сургунова. 1/1

Рис. 29 и 30. Кристаллы осмистого иридия. Уральские россыпи.
Коллекция Академии Наук. Фото Г. И. Касперовича. Увеличено

Кроме характерной спайности по {0001}, в осмистом иридии наблюдается отдельность по пирамиде. Она резко проявляется в тонких микроскопических листочках этого тела, выделенных из платины (§ 70). Эти листочки раскалываются иногда в треугольные пластинки и т. п. Почти несомненно, мы имеем здесь дело не со спайностью, а с плоскостями скольжения, аналогично тому, что наблюдается для тонких пластинок кварца[2].

[1] Я не привожу списка форм, так как класс определен недостаточно точно. Список см. C. Hintze, I, 1898, стр. 133. У Гинтце пропущена форма b^2 Леви (1837) — $\{11\bar{2}3\}$ См. A. Lévy, 1837 (2), стр. 308.

[2] По мнению Еремеева (1898, стр. XVI—XVII), это отдельность по $\{10\bar{1}1\}$. Но его постановка этой спайности соответствует $\{hh\bar{2}hl\}$ Розе.

Это видно и по штриховке, иногда наблюдаемой на {0001}. Как следы отдельности, так и штриховка на {0001} соответствуют зоне {0001 : $11\bar{2}0$}. Все эти геометрические свойства осмистого иридия очень схожи с ромбоэдрическими металлами, как правильно заметил уже Розе, но едва ли отсюда можно заключать об одинаковости кристаллического класса этих тел.

В тонких листочках осмит (§ 90) прозрачен, светлосерый, с красноватым отливом, оптически одноосен. Это видно для осмистого иридия, выделенного из платины.

Чрезвычайно характерны, но, к сожалению, не изучены магнитные свойства. Повидимому, некоторые разности осмистого иридия ясно магнитны. Осмит притягивается магнитом очень легко[1]. Может быть, это зависит от тонкого размельчения, в котором он находится. Однако несильный электромагнит легко притягивает некоторые довольно большие (преимущественно темные) пластинки по спайности осмистого иридия уральских россыпей, принадлежащие к другим разностям этого тела.

95. Нахождение в земной коре. Осмистый иридий образуется в земной коре, частью вместе с платиной, частью вместе с золотом. На первый способ его происхождения указывают уже столь обычные его срастания с платиной (§ 70). Платина, с которой он срастается, связана с основными магмами. В тесной связи с таким генезисом можно поставить единственный случай непосредственного наблюдения осмистого иридия в коренном месторождении — в оливиновой породе Нижне-Тагильска[2].

Таким образом, осмистый иридий, подобно платине, выделяется в основных массивных породах (§ 77). Механизм этого выделения неясен. Однако характер срастания с платиной указывает, что (Os, Ir) выпадает раньше платиновых тел, но почти с ними одновременно, причем это выпадение идет в среде, богатой свободным железом (§ 78).

Несомненно, для осмистого иридия существует, аналогично платине (§ 75), и другой способ выделения — жилы. Он является иногда спутником золота в некоторых кварцевых жилах. Только этим путем можно объяснить нахождение оригинальных сростков золота с осмистым иридием, например в Царево-Александровской россыпи (§ 92). На то же самое указывает постоянное нахождение осмистого иридия в золоте из Калифорнии (ср. § 99) или из некоторых россыпей Богословского окр. Наконец, есть прямые указания на нахождение его в золотоносных жилах около Дайго и Кеды, в провинции Хитаки в Японии[3].

Главная масса его находится в золотоносных и платиноносных россыпях. На Урале он начинает преобладать над платиной в богатых золотом южноуральских месторождениях (Невьянский, Сысертский, Миасский горные округа).

Аналогичны россыпи осмиево-рутениевой группы и в других странах[4]. Местами и здесь преобладает осмистый иридий, например в золотоносных россыпях Калифорнии или Орегона, в которых кое-где 80—90% платиновых минералов состоит из осмистого иридия, а не из платины[5].

Россыпи, богатые осмистым иридием, очень разнообразны по генезису. Очень оригинальны морские россыпи (аналогичны золотым),

---

[1] Литературные указания см. § 70. Сверх того — Laugier, 1825, стр. 294.

[2] Daubrée, 1879, стр. 551.

[3] Wada, 1904, стр. 9. К сожалению, Вада не дает никаких дальнейших указаний и не упоминает об этих жилах в главе о золоте.

[4] Обзор у C. Hintze, I, 1898, стр. 141; Kemp, 1902 (1), стр. 36 и сл.

[5] Кемр, 1902 (1), стр. 53.

где (Os, Ir) встречается вместе с золотом, например вдоль побережья Тихого океана Северной Америки[1].

Изменения осмистого иридия в природе неизвестны.

96. Распространение в России. В *Европейской России* неизвестен.

Осмистый иридий на *Кавказе*, в *Батумской обл.*, в шлихе по Тальюм-Су, притоку р. Чороха, — редкость[2].

Он известен в многочисленных золотоносных и платиноносных россыпях *Урала*[3]. Едва ли есть уральская платина, не заключающая микроскопических включений осмистого иридия (осмита) (§ 70). Но кроме этого в россыпях встречаются отдельные зерна и пластинки этого тела[4].

В *Пермской губ.*, в *Верхотурском у.*, такой осмистый иридий наблюдался изредка в *Богословском окр.*[5], например в Архангельском золотом прииске[6]. В *Нижне-Туринском окр.*, в Егоро-Архангельском прииске[7]. Известен в платиновых приисках по Ису в *Гороблагодатском* и *Бисерском окр.* (ср. рис. 26—27, Верхне-Нейвинская дача). Попадался всегда в *Нижне-Тагильских* платиновых россыпях (например Ново-Анатольевская россыпь)[7]. Южнее — в *Екатеринбургском у.*, в *Невьянских*, *Березовских*, *Верх-Исетских*, *Сысертских*, *Билимбаевских* и других платиновых и золотых россыпях и т. д. Особенно богаты им — сравнительно с платиной — некоторые россыпи около Невьянска, Билимбаевска, Верх-Исетского завода (повидимому, без платины) — по р. Витильке, в Верхне-Тагильской даче[8].

В *Кыштымском окр.* осмистый иридий встречен в Аннинском золотом прииске по р. Киолиму, в области основных пород[9]. Иногда попадаются сростки с золотом[10].

В *Оренбургской губ.*, в *Троицком у.*, — в россыпях *Миасского окр.*[11] Здесь Поросов нашел оригинальные срастания с золотом, являвшимся цементом зерен (Царево-Александровский золотой прииск)[10].

Мелкий осмистый иридий попадается в Балбукских золотоносных россыпях[12]. Наиболее част, по указанию Шейнцвита, в золотоносных россыпях по Нараменскому ключу — Нижне-Кумачинской, Ивано-Ивановской, Васильевской, Орлово-Надеждинской, Надеждинской, Мулдакаевской[13].

В *Сибири* встречается в золотоносных россыпях, не часто.

В *Томской губ.* — по рч. Троицкой (бассейн р. Кии), из Рахилевского золотого прииска (коллекция Томского университета), из россыпей по Тайдону, бассейн р. Томи (коллекция Петербургского университета), из Прокофьевской россыпи, бассейн Нижней Терси[14], по р. Фомихе, из

---

[1] Dewey, 1891, стр. 15.

[2] Черник, 1895, стр. 496.

[3] G. Rose, 1833, стр. 452—453; 1842 (1), стр. 390, 457 и сл.; Breithaupt, 1833; Кокшаров, 1870 (2), стр. 239; Lasaulx, 1882, стр. 99; Еремеев, 1898.

[4] Различают нередко невьянскит и сысерскит. Эти различия, делаемые на глаз, явно произвольны и неверны. Более светлые разности (невьянскит) преобладают в Невьянских, Билимбаевских, Верх-Исетских, Миасских россыпях. Более темные (сысерскит) — в Нижне-Тагильских, Сысертских, Кыштымских, Балбукских; см. G. Rose, 1842 (1), стр. 394—395; Еремеев, 1887 (1), стр. 263.

[5] В золоте, шедшем на монетный двор с 1843 г. См. Белозеров, 1856, стр. 7.

[6] Е. Федоров и В. Никитин, 1901 (2), стр. 15.

[7] См. G. Rose, 1842 (1), стр. 392.

[8] В. Никитин, 1907 (1), стр. 151.

[9] А. Николаев, 1912, стр. 182.

[10] G. Rose, 1842 (1), стр. 39, 395, 457.

[11] Указан уже Щегловым (1829, стр. 757), по данным Германа.

[12] Еремеев, 1887 (1), стр. 272 — Кристаллы из $\{0001\}\cdot\{10\bar{1}0\}\cdot\{10\bar{1}1\}\cdot\{01\bar{1}1\}$ (ср. § 93).

[13] М. Мельников, 1893, стр. 108.

[14] «Горн. журн», 1844, II, стр. 224.

Егорьевских золотых промыслов (с Au, Pt, HgS)[1], по р. Каянчи — с Au и Pt[2], в золотоносных россыпях по р. Мрассе, в Кузепелигском ручье (Викторовская россыпь)[3]; в Воскресенском прииске (Триполитова, Томская тайга)—с самородным свинцом[4]; в россыпях по р. Тисуль (коллекция Академии Наук)[5].

В *Енисейской губ.*, повидимому, более обычен, чем предполагается. Из Енисейской «тайги» были в коллекции Шишковского самые большие пластинки (ср. рис. 28), какие мне приходилось видеть. По р. Иргунбею (притоку Хормы) — в Васильевско-Ургунбейском прииске (невьянскит и сысерскит). В *Южно-Енисейском окр.*, по слухам, встречался осмистый иридий в россыпях по р. Шааргану[6]. В *Минусинском у.*, в бассейне Енбижека, он встречается с платиной и выделяется при растворении ее зерен[7]. В Иннокентьевском прииске по р. Алгиаку (притоку Енисея)[8]. В *Усинском окр.* — в разных россыпях (ср. Pt); по р. Койлику (коллекция Академии Наук); осмистый иридий преобладает над платиной в золотоносных россыпях по рекам Большому и Малому Хайлыкам и Сейлихему (см. § 84), также по р. Танге (по И. П. Рачковскому).

В *Иркутской губ.*, в *Нижнеудинском у.*, — в Преображенском золотом прииске по р. Бирюсе и в Велико-Николаевских приисках по р. Хорме (притоку Бирюсы)[9].

В *Забайкальской обл.*, в *Троицкосавском у.*, — в системе р. Джиды (верхнее течение Хамнея)[10].

97. Труд человека. Повидимому, уже в 1750 г. Шефер имел в своем распоряжении осмистый иридий[11]. Сперва он имел чрезвычайно малое применение. Оно усилилось и получило значение лишь после того, как нашли отдельное применение иридию, а затем осмию. В настоящее время это чрезвычайно ценный продукт, более дорогой, чем платина и золото. Однако количество его, ежегодно добываемое, очень невелико, не добывается и 0,1 т. За все время едва ли добыто его несколько тонн[12].

Главная добыча сосредоточена на Урале[13]; частью он получается как побочный продукт из золотосплавочных лабораторий Калифорнии.

---

[1] Чихачев, 1845, стр. 263.
[2] Мамонтов, 1907, стр. 46.
[3] Helmhacker, 1891, стр. 160.
[4] Пранг и Савицкий, 1864, стр. 93.
[5] См. отчет Геол. и Мин. музея Акад. Наук за 1912 г. — «Тр. Геол. музея Акад. Наук», 7, 1913, стр. 17.
[6] В. Обручев, 1915, стр. 22.
[7] Ячевский, 1909, стр. 67.
[8] Еремеев, 1898 (1), стр. XVI.
[9] Гофман, 1844 (2), стр. 245.
[10] Реутовский, 1905 (1), стр. 478.
[11] См. сб. «La platine, l'or blanc et le huitième metal», 1758, стр. 37.
[12] По мнению Мельникова (М. Мельников, 1893, стр. 108), едва ли добыто до 1892 г. 5 т. В России с 1825 по 1880 г. в платиновых остатках было осмистого иридия до 4,5 т. С 1900 г. он стал идти в большем количестве. С 1890 по 1905 г., по официальным сведениям, его добыто в России 0,1 т; см. М. Мельников, 1893; Гулишамбаров, 1905, стр. 6; И. Попов (ред.), 1908, стр. VII. Эта цифра выражает только часть (Os, Ir), так как главная его масса получается из платиновых остатков.
[13] Добыча осмистого иридия на Урале все падает и почти прекратилась в конце концов. См. «Общий обзор...», 1915, стр. 85. О необходимости исследования именно русскими см. Вернадский, 1916, стр. 88. См. также Воскресенский, 1840, стр. 155: «Между такими вопросами, которые до сих пор остаются еще нерешимыми, я намерен указать на некоторые, особенно важные для нас, Русских, потому что решения этих вопросов мы вправе ожидать от Русских химиков. История платины в последнее время обработана со всею возможною подробностию, но мы почти ничего не знаем об металлах, ея сопровождающих».

Работа человека тратится на разложение этих в высшей степени стойких соединений; осмий переводится в кислородные соединения, неизвестные, повидимому, в природе, а иридий идет в сплавы с платиной. Ввиду малого количества этих тел, процесс этот большого значения в химии земной коры не имеет.

98. Определение. Ср. § 93 и сл. Неплавки. Перед паяльной трубкой не меняются, кроме некоторых разностей (сысерскит и рутениевый невьянскит), которые становятся черными и выделяют осмиевые пары (характерный запах). Все выделяют при сплавлении с селитрой осмиевые пары (зеленая масса)[1]. Зеленый сплав с селитрой выделяет при кипячении с водой черный порошок — Ir. В царской водке неразложимы. Уд. вес 17—21,5. Цвет металлический светлосерый (невьянскиты) и более темный (осмит и сысерскит). Тв. 6—7. Совершенная спайность по {0001}. Определение этого тела основано на физических признаках: на нерастворимости в кислотах, металлическом блеске, спайности, твердости. Реакции на Ru, Rh и Ir удаются в малых количествах природного тела очень трудно и неудовлетворительно.

Природные золото — палладий — родий

Порпецит. Иридистое золото. Платинистое золото. Родит

99. Химический состав и физические свойства. Небольшая группа соединений палладия, а также родия с золотом является переходной к самородному золоту.

Естественные сплавы золота с палладием, так называемое палладистое золото, или порпецит, были открыты давно, но мало обращали на себя внимания. Палладистое золото одно время добывалось даже в большом количестве. В начале XIX столетия оно послужило в Бразилии рудой для добычи золота, но так мало обратило на себя внимания, что только немногие образцы его сохранились в старинных больших музеях, все остальное ушло безвозвратно на изделия. Большая часть палладия, встреченного в этом виде в значительном количестве, пропала.

Аналогичный случай представляет нахождение в природе родистого золота, или родита[2]. Родит наблюдался в Сан-Доминго. Он заключал около 45% (?) золота[3]. Крупинки родита из Батумской обл. хранятся в коллекции Академии Наук (от Г. Черника). Родистое золото с Урала, хранящееся в Музее естественной истории в Париже, является,

---

[1] Безусловно необходимо чрезвычайно тонко размельчить невьянскит, иначе Os не выделяется. Это заметил уже Берцелиус (см. Berzelius, 1828, стр. 468). У Берцелиуса даны приемы размельчения.

[2] Родий — в значительном количестве — был указан Дель Рио в слитках золота, которое получали одно время на мексиканском монетном дворе (см. Del Rio, 1825, стр. 137). По его исчислению, в некоторых образцах заключалось до 34—43% Rh. После него Rh в мексиканском золоте не наблюдался. Правда, Ландейро (Landeiro, 1891, стр. 366) упоминает о родистом золоте, но все его сведения основаны на данных Дель Рио. Более новые исследователи мексиканской минералогии, например Агвилера, не имели его в руках и не дают о нем никаких указаний (Aguilera, 1898, стр. 23; 1902, стр. 517 и сл.). Реакции на Rh, приводимые Дель Рио, возбуждают большие недоумения. После Дель Рио был указан родит на Кавказе (§ 101), где на ничтожном количестве определено 11,6% Rh и 88,4% Au. К сожалению, методы анализа не опубликованы.

[3] Genth, 1871, стр. 439.

повидимому, срастанием золота с осмистым иридием или пластинками осмистого иридия, покрытыми золотом.

Изучены эти тела чрезвычайно мало.

Насколько можно судить по немногим анализам, состав порпецита выразится следующими цифрами[1]:

Au	Ag	Pd	Pt	Fe	Cu
86,0—91,1	Сл. — 4	8,2—11,6	0—0,1	0 — сл.	0 — сл.[2]

Нахождение в природе платинистого золота и иридистого золота, мне кажется, доказано анализом Г. Черника (1912, стр. 81):

	Au	Ag	Pt	Ir	Pd	Cu	Fe	Bi
Платинистое золото	84,6	2,9	10,5	—	—	0,9	0,2	—
Иридистое золото	62,1	2,1	3,8	30,4	Сл.	0,03	0,6	Сл.

Платинистое золото трудно плавится перед паяльной трубкой, а иридистое — не плавится. Удельный вес платинистого золота 19,53, а иридистого 21,69. Иридистое золото указывалось в Калифорнии[3].

Трудно сказать, не наблюдались ли в сплаве с Au и другие элементы платинового ряда; несомненно, что при малой изученности этих тел дальнейшее исследование может открыть нам неожиданные соединения[3].

Странное тело указывает Пиддингтон[4]. Он наблюдал в россыпном золоте из Миднапура в Бенгалии желтовато-белый металл, ковкий и гибкий, не амальгамирующийся ртутью и с большим трудом растворяющийся при кипячении в царской водке, хотя и содержащий золото. В нем были следы платины. Пиддингтон предполагал возможным отождествить его с сернистым золотом, что невероятно по всем его свойствам. От порпецита он отличается отношением к царской водке. Родия и палладия Пиддингтон не нашел.

Искусственные сплавы показывают, что Au смешивается с Pd, Pt и Rh во всех пропорциях[5].

100. Порпецит несомненно кристаллизуется в правильной системе. Большей частью он наблюдается в виде неправильных губчатых масс, шаровых конкреций, пленок, пластинок, аналогично другим формам

---

[1] C. Hintze, I, 1898, стр 320; Hussak, 1906 (1), стр. 291 (порпецит). Есть четыре анализа. Черник (§ 101) получил исключительно большое число для Pd (35%). Вещество для анализа было взято в ничтожном количестве. Странные указания Дебрэ («Diction. chim. de Wurtz», II, 1, стр. 723): порпецит из Якотинга в Гонгко-Соко, в Минас-Жераис в Бразилии (светлый) — 25% палладия; порпецит из Порпец — 10% палладия. Может быть, Berzelius, 1836.

[2] Меди должно быть больше. Ср. Hussak, 1904, стр. 393.

[3] Dubois, 1854, стр. 518. В золоте некоторых калифорнийских приисков Ir всегда присутствует, однако все показывает, что он находится там в форме осмистого иридия (см. Gibbs, 1861). Повидимому, среди платиновых минералов в «сырой платине» попадается какое-то соединение золота с платиновыми металлами, нерастворимое в царской водке. На это указывает следующее наблюдение Вёлера. В черном остатке от растворения платины в царской водке находятся, по его мнению, металлические зерна, «представляющие собой сплав золота, вероятно с иридием или осмием. По крайней мере, при исследовании одного образца, определенного прежними исследованиями как иридий, было порядочное количество золота» (Wöhler, 1834, стр. 161—162). Точность наблюдений Вёлера делает это его указание очень ценным. Вёлер нашел и серебро в платиновых остатках (ср. § 91).

[4] Piddington, 1856, стр. 250. Указания Пиддингтона повторил V. Ball (1881 (1), стр. 189).

[5] Для палладия см. Ruer, 1906, стр. 393.

природного золота (§ 107 и сл.). Однако для него известны полиэдры с многочисленными простыми формами[1]. К сожалению, эти кристаллы порпецита не изучены.

Другие физические свойства также не изучены. Удельный вес порпецита 15,73, т. е. лежит в пределах обычных определений удельного веса природного золота[2].

101. Нахождение в природе. Порпецит известен как в коренных месторождениях, так и в россыпях.

Он встречен в довольно большом количестве в Бразилии[3]. Встреченное еще в XVIII столетии в различных месторождениях — коренных и россыпных — штатов Гояс[4] и Минас-Жераис палладистое золото долгое время смешивалось то с серебром, то с платиной, платинистым золотом. Ясно отличное от обыкновенного золота, это золото получило местное название гнилого золота (Oure pordo).

Оно наблюдается здесь как в коренных, так и во вторичных месторождениях. Коренные его месторождения чрезвычайно характерны. Оно здесь находится в определенных своеобразных контактовых породах, так называемых «якотингах», образующих гнездовые выделения и прослойки, мощностью до 50 см, в итабиритах[5]. Итабириты (слоистые кварциты, очень богатые гематитом) не содержат золота, которое сосредоточено, нередко в значительных количествах, в якотингах. Эти последние имеют ясный контактовый характер, развиты вблизи выходов гранитных пород и состоят из карбонатов (доломита и кальцита), хондродита, турмалина, касситерита, пироксена, магнетита, актинолита. Повидимому, якотинга представляет породу, близкую к магнетито-пироксениту, происшедшую путем метаморфизации (резорбции?) известняка. Вероятно, в связи с этой контактовой метаморфизацией прослоек известняка в итабиритах проникло в них и палладистое золото.

В этих самых включениях находится и самородная платина. Платина, как показывают анализы, чрезвычайно мало входит в состав порпецита. Приходится поэтому допустить, что мы имеем здесь — при одновременности их образования — распадение металлических тел, находившихся в контактовой зоне, на (Pt, Fe) и (Au, Pd) — аналогично тому, что наблюдается для (Pt, Fe) и (Ir, Os) (§§ 70, 92, 95).

Порпецит встречался в довольно значительных количествах в Гонгко-Соко, Итабира-до-Матто-Дентро, Кондонга и в других местностях штата Минас-Жераис. Отсюда он попал в россыпи и наблюдается в песке некоторых рек (Рио-дас-Вельяс, Рио-до-Кармо и др.). При выветривании он дает палладит[6].

В *России* порпецит и родит встречены только однажды, в ничтожных количествах, при пробе песков на золото,— на *Кавказе*, в *Батумской обл.*, по р. Тальгом-Су, бассейн Чороха[7].

---

[1] Hussak, 1904, стр. 427; Hennwood, 1871 (1), стр. 176.

[2] Seamon, 1882, стр. 216.

[3] Hussak, 1904, стр. 384 и сл. (тут и литература); 1906 (1), стр. 291.

[4] От исковерканного названия *Goyaz* произошло, должно быть, и имя *Porpez* («не существующее»), по которому получил свое название минерал. См. Hussak, 1904.

[5] О якотингах и итабиритах см. Hennwood, 1871 (2), стр. 214 и сл.; Hussak, 1904, стр. 390—424. Ср. для якотингов и для палладистого золота Burton, 1869.

[6] P. Johnson u. W. Lampadius, 1837, стр. 319; Hussak, 1906 (1), стр. 291.

[7] Вильм, 1893, стр. 506 (в порпеците 8—9% Pd). Черник, 1895, стр. 492 (в порпеците 35% Pd, в родите (стр. 495) 11,6% Rh, Pt — сл.); 1896, стр. 346.

Одно время порпецит добывался в качестве золота, причем его вывозили из Бразилии без ясного понимания его химического состава. Полученное этим путем золото с трудом очищалось от палладия.

102. Определение. Порпецит по наружному виду неотличим от золота. Однако очень часто он дает на поверхности оттенки сероватого, иногда бронзового цвета. Уд. вес 15,73. Плавится перед паяльной трубкой. Кислоты растворяют, как золото.

Очень характерны реакции на палладий. При действии цианистой ртути на раствор минералов в HNO_3 выпадает характерный белый студенистый осадок цианистого палладия. При действии на тот же раствор KJ — черный осадок. При действии NH_4Cl получаются характерные оранжевые иглы двойной соли палладия. Дает обычные реакции на Au.

Родит почти нерастворим в царской водке. Перешел в раствор лишь при действии ее в течение нескольких дней и в большом количестве. Цвет родита светложелтый[1].

Природные золото — серебро — медь

Золото. Электрум. Серебро. Кюстелит. Медистое золото. Медистое серебро. (?) Цинковое серебро

103. Химический состав. Эта группа минералов, к числу которых относятся такие самые обычные и важные благородные металлы, как золото и серебро, далеко не является с химической стороны столь известной, как это можно было бы предполагать. Несмотря на то, что самородное золото служит главной рудой, откуда добывается золото, химическое исследование этой руды оставляет желать очень многого. В спешной погоне за золотом человек мало тратил времени и средств на познание его свойств. Для выяснения химического состава приходится пользоваться анализами, произведенными с техническими целями над материалом, однородность которого далеко не всегда прочно установлена[2].

Как видно из § 39, можно выделить в настоящее время несколько минералов, сюда относящихся. Однако некоторые из них известны лишь на основании качественных проб (медистое серебро и кюстелит) и совершенно не изучены. Но даже и для более обычных, например для медистого золота, имеется крайне мало химических анализов; их немного и для самородного серебра.

Химический состав этих тел (в процентах) выражается следующими числами[3]:

---

[1] Genth, 1871, стр. 439.

[2] О различии отдельных зерен золота из одной и той же россыпи и жилы по химическому составу см. G. Rose, 1842 (1), стр. 407, 424.

[3] В основу положены данные, собранные Гинтце (Hintze, I, 1898, стр. 316). Сверх того приняты во внимание анализы серебра и золота, упущенные им или более новые; Bergt, 1899, стр. 117 (анализ Au — Кольбека); Münster, 1894, стр. 56 (Ag); Самойлов, 1906, стр. 90 (Au); 1905, стр. 239 (Au); Ненадкевич, 1907 (Au); А. Герасимов, 1907 (2), стр. 143 (два анализа электрума и Au — К. А. Ненадкевича). Принят во внимание еще не опубликованный анализ медистого золота, найденного А. В. Николаевым в Соймоновском окр. на Урале, сделанный К. А. Ненадкевичем. Он нашел: 74,33% Au, 4,49% Ag, 20,39% Cu. Нерастворимый остаток (магнетит)—0,26%. Это наиболее богатое медью, физически однородное золото, до сих пор встреченное. Анализы золота из Борнео см. Г. Черник (1912, стр. 81); они дают содержание меди до 5,3%. Для золота и электрума имеется 152 анализа, для медистого золота — 3 анализа, для серебра — 10 анализов.

	Au	Ag	Fe	Cu	Hg
1. Золото . . . . . } 2. Электрум . . . . . }	57—100	Сл. — 43	Сл. — 1,0	0—1,4	—
3. Серебро	0—0,8	98—100	0—0,12	0—0,01	0—1,1
4. Медистое золото	74,3—80,1	2,3—16	—	9—20,4	—

Во многих случаях наблюдались ничтожные количества, обычно следы, других элементов, характер примеси которых неясен (§ 105)[1].

Необходимо, однако, здесь же отметить нахождение свинца в самородном золоте. Оно констатировано (и искалось?) не часто, но есть разность природного серебра, богатого золотом, названная кюстелитом, содержащая больше серебра, чем золота, и несколько процентов свинца[2]. К сожалению, это тело никогда не было подвергнуто научному исследованию, хотя встречалось оно одно время нередко, являясь золотой рудой[3].

104. Наибольшее значение имеют взаимные отношения золота и серебра. Здесь мы имеем все переходы между химически чистым золотом и золотом, заключающим 57% Au (золото и электрум). Дальше наблюдается большой перерыв, но есть несколько случаев серебра, содержащего 20—28% Au (кюстелит), и, наконец, следы золота содержатся в самородном серебре.

Золото, не заключающее следов серебра, встречается относительно редко и, может быть, наблюдалось только среди вторичного золота, происшедшего распадением теллуристых минералов или висмутистого золота.

Разности золота, богатые серебром (57—70% Au), называются электрумом и представляют более редкие формы самородного золота. Их парагенезис отличен от парагенезиса более богатого золота (70—100% Au). Поэтому необходимо выделить серебристое золото в отдельный минерал — электрум[4], несмотря на то, что между ним и золотом наблюдается химически непрерывный переход, по крайней мере судя по имеющимся анализам, правда сделанным над материалом, однородность которого возбуждает некоторые сомнения. Однако имеющиеся анализы кристаллов золота не противоречат этому выводу.

Резкий перерыв между кюстелитом (до 72% Ag) и электрумом не вполне ясен. По крайней мере, Гент[5] указал на любопытные образования золота из графства Дейвидсон в Северной Каролине, которые представляют все переходы между электрумом и серебром. Здесь в одном из рудников, в Силвер-Хилл, были встречены самородки, один конец которых состоял из чистого золота, а другой из серебра, и между ними были, повидимому, все переходы. К сожалению, это крайне любопытное месторождение научно не описано и образцы из него не сохранились. Если бы эти данные подтвердились и самородки действительно были бы однородны, то перерыв между электрумом и серебром исчез бы. Однако, принимая во внимание наиболее обычные природные разности, мы должны признать, что

---

[1] Любопытен анализ однородного серебра из Сокольного рудника на Алтае, представляющего, повидимому, особую разность, приводимый П. Пилипенко (1915, стр. 338): 96,78% Ag, 0,56% Cu, 1,12% Zn, 1,04% Fe. Уд. вес 9,83. Вещество однородное — цинковое серебро?

[2] Есть кюстелит, повидимому, не заключающий свинца, — кюстелит из Конгсберга (§ 105). Может быть, есть два кюстелита?

[3] Breithaupt, 1866, стр. 169, 368.

[4] Электрум уже различался древними египтянами. Анализы электрума с Алтая (Пилипенко, 1915, стр. 327), из Змеиногорска: 71,02—77,50% Au, 28,86—22,46% Ag; из Зыряновска: 61,85—61,86% Au, 38,05—38,23% Ag; всего четыре анализа.

[5] Genth, 1891, стр. 13, — по указанию Асбюри.

если соединения с 57—20% Au и существуют, то очень редки, а соединения с 1—20% Au в природе почти совершенно неизвестны[1].

Такой характер природных сплавов стоит в полном противоречии с результатами нашего опыта и, очевидно, указывает на некоторые особенности природного золота или серебра, ибо искусственно золото и серебро легко дают однородные смеси в любых пропорциях[2].

Даже если бы характер золотых сростков из Дейвидсона заполнил пустые промежутки между электрумом и серебром, все же это было бы единичное, исключительное месторождение. Общее противоречие между природными и искусственными сплавами осталось бы.

Объяснение этому явлению можно искать или в различном парагенезисе природных золота и серебра, или в недостаточной точности метода изучения химической связи между золотом и серебром путем исследования застывания их сплавов, или, наконец, в полиморфизме этих элементов.

Нет надобности останавливаться на различном генезисе природных золота и серебра. Данные, наоборот, указывают во многом на значительные аналогии. Физические условия их образования схожи. Гораздо вероятнее мысль о том, что золото и серебро, никогда в природе не выпадающие из жидкого состояния, способны при природных условиях давать определенные соединения, которых они не образуют в сплавах. Уже Буссенго[3] пытался найти определенные соединения золота и серебра — типа Au_2Ag, AuAg и т. д. — среди природного золота, причем они получаются лишь при относительном избытке Au. Однако этот вывод противоречит, повидимому, анализам чистых кристаллов золота, сделанным Розе и Авдеевым. Нельзя отрицать, однако, что вопрос требует нового, тщательного исследования и не может считаться окончательно решенным.

Наконец, очень вероятно, что серебро и золото — в природных условиях — принадлежат к разным кристаллическим классам (§ 106). Это явление вполне просто объясняет наблюдаемые особенности химического состава (ср. α — γ-Fe, § 44).

105. В самородном золоте всегда присутствуют небольшие количества меди и железа, которые мы не можем относить к числу механических подмесей. Кажется, их открывали всегда, когда их искали. Однако между нахождением этих элементов есть разница. В то самое время как богатое железом золото неизвестно[4], богатое медью — медистое золото — должно быть выделено как отдельный минерал с очень характерным парагенезисом. Химический состав этого природного медистого золота отвечает твердому раствору, ибо в нем процент Cu не превышает того коли-

---

[1] Любопытно, что некоторые физические свойства сплавов Au и Ag дают перерыв при 50% атомного содержания Ag (35,4% весового); так, точка плавления золота почти не меняется до тех пор, пока количество Ag не превысит 50%, после этого она довольно резко падает. Точка плавления для Au — 1064°, для Au с 50 атомн. % Ag — 1061°, для Au с 39,9% Ag — 1046°, для Ag — 960°. См. W. Austen Roberts a. T. Rose, 1903, стр. 162. Обычно эту кривую объясняют как доказательство изоморфизма Ag и Au, но малое влияние примеси Ag при этом объяснении непонятно. О сплавах Au—Ag см. Курнаков и Жемчужный, 1908, стр. 16; McKeehan, 1922, стр. 424; Tamm, 1919.

[2] W. Austen Roberts a. T. Rose, 1903; Etard, 1906, стр. 647 (литература).

[3] Boussingault, 1827, стр. 408; 1830, стр. 440. Ср. G. Rose, 1842 (1), стр. 402; 1831, стр. 161; Авдеев, 1839 (1), стр. 508 и сл.; 1839 (2), стр. 337. Ср. Я. Самойлов, 1905 (для кристаллов Au_6Ag); 1906 (Au_3Ag).

[4] Любопытно указание Гарта о золоте из Бразилии: «иногда оно содержит значительный процент железа, когда оно очень темного цвета»; см. Hartt, 1870, стр. 542.

чества, которое соответствует эвтектической однородной смеси золота и меди[1]. Опыты Н. Курнакова и С. Жемчужного (1907, стр. 224) указывают, что золото и медь дают сплавы во всех пропорциях. При 18% Cu, по их опытам, температура застывания наименьшая (883—884°). Повидимому, и для серебра мы имеем особую разность — медистое серебро[2].

Медистое серебро из Зыряновского рудника, проанализированное Пилипенко (1915, стр. 335), представляет неоднородную смесь: срастание самородной меди и серебра. Примазки заводинского медистого серебра проанализированы Антиповым (1895, стр. 98).

Исследования серебра из Кобальта показывают, что первичное серебро содержит Sb и Hg. Серебро вторичного выделения — химически чистое[3].

Примеси остальных элементов открывались только в отдельных, частных случаях. Так, несомненно констатировано присутствие временами в самородных золоте и серебре Sn, Pb, Hg, Co, Ni, Pd, Pt[4]. Повидимому, особенно часто присутствие этих примесей в разностях, богатых серебром, так называемом кюстелите. По крайней мере, в двух известных местонахождениях этого минерала в Конгсберге в Норвегии и в Калифорнии (рудник Офир) в нем найдены значительные подмеси других элементов: в Конгсберге — ртути (до 5%) и платины, а в калифорнийском кюстелите — значительное количество свинца[5]. Но такие количества совершенно исключительны; в огромном большинстве случаев содержание этих элементов достигает немногих долей процента. Несомненно, однако, что их нахождение, хотя бы и в небольших количествах, чрезвычайно характерно для выяснения парагенезиса природных золота и серебра (ср. § 41, 68—Fe, Pt).

Кроме этих составных частей, генезис которых неясен, наблюдались (особенно в серебре) примеси элементов, очевидно, происшедшие от минералов, разложением которых образовались самородные элементы; таково происхождение довольно обычных в серебре небольших примесей As, Sb, S, Bi, Cl. В какой форме они находятся в самородном золоте и серебре — неизвестно.

Очень мало изучен состав медистого золота, впервые встре-

---

[1] Я думаю, что правильно определение Аустена-Робертса и Розе (W. Austen-Roberts a. T. Rose, 1901, стр. 107), дающих для эвтектической смеси около 18% Cu, а не выводы Шарпи, допускавшего 45% Cu. Кристаллы (Au,Cu), содержащие до 18% Cu, являются однородными. О сплавах меди и золота см. Курнаков, Жемчужный и Заседателев, 1914, стр. 486 и сл. Оказалось, что существует изоморфный α-раствор (Au,Cu) только до 367—370°; ниже он выделяет ауриды — CuAu и Cu_3Au. При обычной температуре существуют: первоначальная изоморфная смесь золота и меди (α-раствор), отвечающая 70—22 и 65—100 атом. % Au и твердые растворы ауридов Cu_3Au и CuAu, соответственно содержащие 19—32 и 43—66 атом.% Au. Интересно было бы выяснить изменение, вносимое присутствием серебра. [В природе найдены минералы: купроаурид — Au_2Cu_3 (Ложечкин, Доклады Акад. Наук СССР, 1939, 24, 454) и аурикуприд — $AuCu_3$ (Ramdohr, Fortschr. Min., 1950, 28, 69)]

[2] Медь более растворима в золоте, чем в серебре; см. W. Austen-Roberts a. T. Rose, 1901, стр. 112. О природном медистом серебре (до 10% Cu) см. Berthier, 1825, стр. 72.

[3] Miller, 1913, (2), стр. 94.

[4] О нахождении этих элементов см. C. Hintze, I, 1898. Сверх того, для Pt ср. Hartt, 1870, стр. 542, для Pb (в Au из Якутской обл.) — К. Пенадкевич у А. Герасимова, 1907 (2), стр. 143. Для серебра, о нахождении в нем Co и Ni, см. H. Müller, 1901, стр. 159. О нахождении Pt в серебре и золоте см. Loewenstein, 1914, стр. 22.

[5] Об этих примесях для Конгсберга см. критику у Münster, 1894, стр. 51. Ср. кюстелит — § 103.

ченного сперва около Генуи[1], а позже найденного в других местах[2]. По-видимому, оно не содержит ничего, кроме Au, Ag и Cu.

106. Физические свойства золота и электрума. Отчасти благодаря колебанию в составе этих тел, их физические свойства подвержены чрезвычайной изменчивости; так, например, удельный вес самородного золота и электрума колеблется от 12,5 до 19,3[3]. Точно так же колеблется их цвет.

Все эти тела кристаллизуются в правильной системе[4] [гексоктаэдрическом классе $3L^4\,4L^3\,6L^2\,9Pc$]. Первоначально золото и электрум относили к гемиэдрии, а серебро к голоэдрии (§ 108)[5].

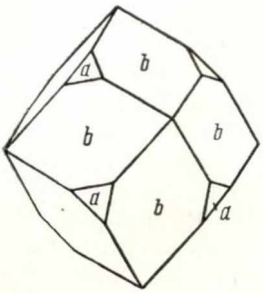


Рис. 31. Кристалл золота из Матто-Гроссо.
По Леви, 1837
b {110}, a {111} и {1̄11}.
Увеличено

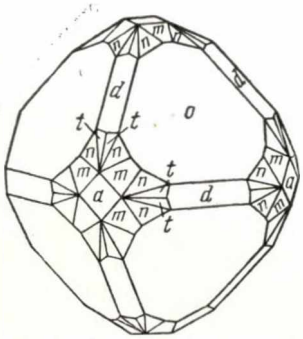


Рис. 32. Кристалл золота из Березовска.
По Г. Розе, 1831
o {111} и {1̄11}, d {110}, a {100}, m {113}, n {214}, t {10.1.18}.
Увеличено

Рис. 33. Кристалл золота из Юзельского лога, Сысертск, Урал.
По Гельмгаккеру, 1877.
Увеличено

Золото и электрум нередко проявляются в хорошо выраженных кристаллических многогранниках; чаще преобладают {110} или

[1] Анализ Готье у Diday, 1850, стр. 539.

[2] В анализированном Вибелем (Wibel, 1873, стр. 244) золоте из Западной Африки количество меди доходит до 25%, но так как это золото содержит значительное количество Zn (до 17,3%), нигде не найденного при данных условиях, то вполне возможно, что оно было фальсифицировано туземцами.

[3] Эти колебания обусловлены главным образом примесью серебра. Об этом см. G. Rose, 1842 (1), стр. 427. Однако удельный вес золота меняется, как известно, и от обработки, поэтому нельзя вывести прямую зависимость его от состава. Очень вероятно, что мы имеем здесь указания на разные полиморфные фазы золота. О получении «аморфного» Au механической обработкой см. Beilby, 1906, стр. 355.

[4] О кристаллической форме золота см. Romé De l'Isle, 1783 (2), стр. 474; Hauy, 1822, стр. 236; Mohs, 1839, стр. 484; G. Rose, 1831, стр. 196; 1842 (1); Lang, 1863, стр. 435; Rath, 1877 (2), стр. 1 и сл.; Helmhacker, 1877, стр. 1 и сл.; W. Lewis, 1877, стр. 456; E. Dana, 1887, стр. 224; Еремеев, 1887 (1), стр. 263; E. Dana, 1892, стр. 15; C. Hintze, I, 1898. О кристаллах золота см. еще А. Виноградский, 1821, стр. 197; он упоминает тетраэдры и, как новинку для золота, — {110}. О кажущейся гемиэдрии золота см. R. Graham, 1911, стр. 45. Об аллотропии — H. Louis, 1894, стр. 105. Перепечатано в «Ore deposits», ed. Emmons, 1913, стр. 105 и сл.

[5] Для золота попадались ясно выраженные тетраэдры, как указал Авдеев (1841, стр. 159). Превосходные кристаллы в форме тетраэдров (из Бразилии) хранятся в коллекции Лейденского университета. О них см. Martin, 1898, стр. 278. Тетраэдры из Березовска из коллекции Кокшарова находятся в Британском музее. На отсутствие L^4 указывают также двойники из Сысертска, описанные Гельмгаккером (Helmhacker, 1877, стр. 10). Явления своеобразного дихроизма в тонких пластинках золота (см. W. Stein, 1872, стр. 172) указывают даже на непринадлежность этих пластинок золота к правильной системе. Очень вероятно, что Au в тонких пластинках принадлежит к другой полиморфной разности. Но вопрос о физическом состоянии вещества в тонких, «твердых» пленках так сложен, что этот дихроизм не может считаться доказательством анизотропности внутреннего строения золота.

{111}[1], реже {100} и другие формы (рис. 31—32)[2]. По наружному виду кристаллы обычно приближаются к голоэдрическим формам. Кристаллы золота

Рис. 34. Деформированный кристалл золота из Орегона. Форма {311}.

По Дана, 1877. Увеличено

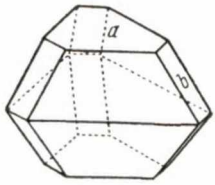


Рис. 35. Двойник золота по {111}. Обычны на Урале.

По Леви, 1837. *а* {111}, *в* {110}

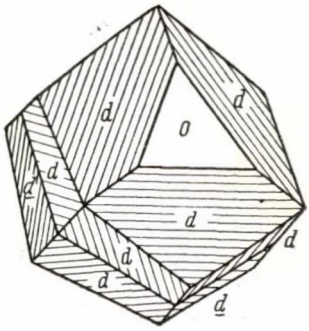


Рис. 36. Двойник золота по {111} из Оренбургских россыпей.

По Еремееву, 1887. *d* {110}. *o* {111}

обыкновенно чрезвычайно деформированы (см. рис. 34); плоскости не дают полного числа граней, покрыты скульптурами (рис. 33) или штриховкой (см. рис. 36). Комбинационная штриховка на {110} идет параллельно {110}·{100}, на {111} параллельно {111}·{311}, {111}·{110} и т. д.[3] Деформация кристаллов золота иногда дает формы, приближающиеся к гексагональной системе, так, например, в очень характерных сростках золота из Орегона (см. рис. 39), описанных Дана[4]. Здесь «трапецоэдры» {311}, обычные для золота, превращаются в деформированные кристаллы, имеющие облик гексагональной системы (рис. 34).

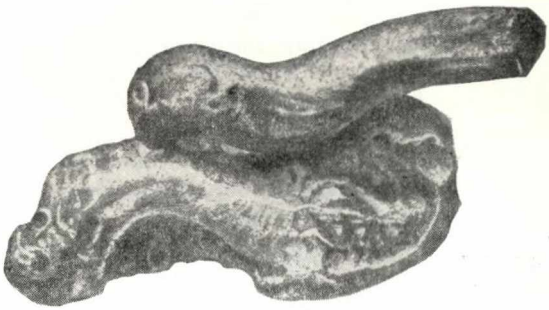


Рис. 37. Самородок золота из Березовского округа.

По Лейхтенбергскому, 1867

Однако золото гораздо чаще встречается в параллельных и двойниковых (по {111}) сростках, чем в простых полиэдрах (рис. 35 и 36). Наиболее

---

[1] По Авдееву (1839 (1), стр. 511—514), форма зависит от состава: {110} богаче Au, а {111} — беднее. Сколько знаю, это наблюдение выдающегося русского ученого подтверждается немногими дальнейшими наблюдениями: для электрума всегда преобладает {111}·{1$\bar{1}$1}, иногда {100}, но не {110}.

[2] В этих рисунках-оригиналах отдельных исследователей принята голоэдрическая схема строения золота, выражающаяся очень резко в некоторых из этих комбинаций. Несомненно, надо иметь в виду обычную схематичность наших кристаллографических чертежей.

[3] См. Helmhacker, 1877, стр. 4 и сл.

[4] E. Dana, 1887, стр. 226.

обычны при этом дендритовые формы чрезвычайно вытянутых по оси L^2 или по L^3 кристаллов[1]. Эти вытянутые кристаллы переходят нередко в волосатые формы, столь обычные для соединений, образующихся путем медленных химических распадений в твердой среде или при выделении вещества из раствора путем разложения его действием гальванического тока. Такие же волосатые кристаллы золота легко получаются искусственно. Они легко закручиваются. В Крестовоздвиженской россыпи на Урале и в других местах самородки имели форму проволоки (рис. 37)[2].

Размеры выделений золота колеблются от мельчайших, не видных глазу, легко плавающих на воде листочков до огромных кусков, достигающих нескольких пудов (самородков). Мельчайшие пылинки золота едва достигают сотых долей миллиметра[3].

107. Наиболее обычны, однако, не эти отдельные кристаллы или их срастания, но более сложные образования, имеющие

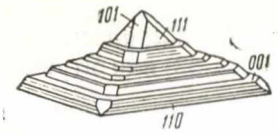


Рис. 38. Параллельный сросток кристаллов золота из Сысертска.

По Гельмгаккеру, 1877

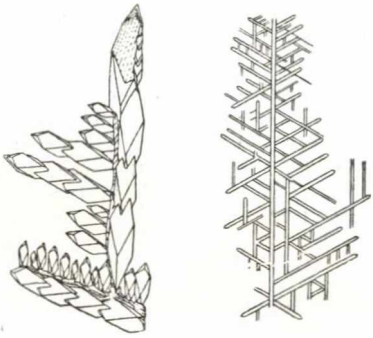


Рис. 39 и 40. Параллельные сростки кристаллов золота.

На рис. 39 — из Орегона (по Дана, 1887); на рис. 40 — из Фачебая, Трансильвания (по Рату, 1877). Господствует {102}

вид пластинок, комков, губчатых масс, самородков. Между ними есть все переходы. Легко убедиться, что все эти образования золота представляют собой или кристаллические собрания или параллельные сростки (рис. 38). Их образование объясняется повторением этих процессов в пространстве. Параллельные или двойниковые срастания мельчайших неделимых золота дают этим путем скелеты; эти скелеты, срастаясь вместе в одной плоскости, дают древовидные (рис. 39) образования (дендриты). Такие срастания из тысячи мельчайших кристаллов (сильно вытянутых по тройной оси), обычно комбинации с преобладанием {100}, {110}, {311} или {111}, развиваясь в одной плоскости, дают сетчатые пластины золота (рис. 40), причем промежутки между ветвями все более и более заполняются и в конце концов получаются сплошные пластины золота, в которых лишь тщательное исследование дает возможность открыть их сложное строение (рис. 41—43).

---

[1] Повидимому, последнее наблюдается для двойниковых пластин, сплюснутых по двойниковой оси (L^3).

[2] Авдеев, 1844, стр. 160.

[3] По Эдману, в кварцах видны золотые пылинки до 1/480 мм величиной. См. Cumenge et Robillaz, 1898, стр. 40. Ср. Beilby, 1906.

Как показали Рат и Гельмгаккер, такие пластины состоят из неделимых, которые находятся между собою в двойниковом положении по {111}, причем двойниковая плоскость и плоскость срастания параллельны плоскости пластины. Получается как бы общая двойниковая плоскость {111}, параллельная пластине, а верхняя и нижняя ее поверхности находятся в

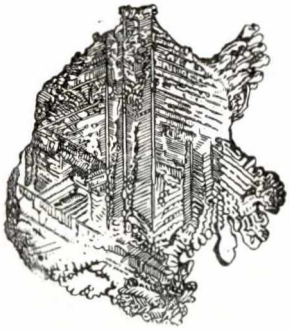


Рис. 41. Золотая пластинка из Вереспатака.

По Рату, 1877

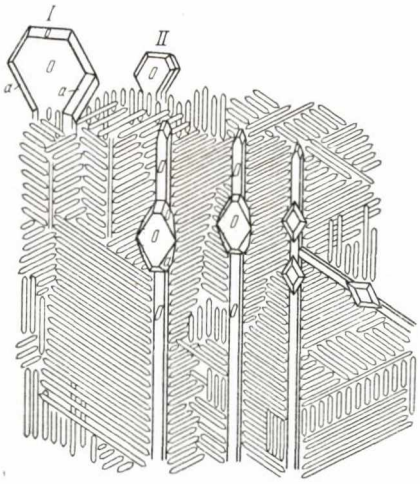


Рис. 42. Та же пластинка, увеличенная.

a {100}, *o* {111}, {$\bar{1}\bar{1}1$}

двойниковом положении[1]. Очень вероятно, что большинство «листочков» золота имеет такое строение[2]. Такие древовидные срастания часто идут не в плоскости, а в пространстве (нередко начинаясь вокруг зернышек пирита и т. п. тел)[3], причем, повидимому, пластинки[4] располагаются перпендикулярно к L^2 или L^3. Мало-помалу все пространство между пластинками зарастает и получаются комки или губчатые массы, где с трудом видна внутренняя структура (рис. 44). Благодаря чрезвычайной мягкости золота, эти сложные образования легко искривляются и изгибаются, причем все следы срастания их неделимых исчезают. Таково строение самородков, даже самых больших[5]. Такие сложные структуры золота

---

[1] Такие образования получаются обычно в растворах при кристаллизации в узких пространствах и на поверхностной пленке раствора. Так, например, для KNO_3 см. Вернадский, 1896, стр. 292. В этих опытах получаются отдельные кристаллы. Для NaCl П.Орлов получал этим путем большие двойниковые пластины.

[2] О строении золотых пластинок см. Helmhacker, 1877, стр. 1 и сл.; Rath, 1877 (2), стр. 1.

[3] Wilkinson, 1867, стр. 12—13.

[4] Великолепные пластины золота наблюдаются в различных месторождениях Трансильвании, Эльдорадо в Калифорнии. Антиохии в Колумбии. В России они прежде наблюдались и теперь сохранились в коллекциях из Сысертского и старого Невьянского рудников. Об этом см. G. Rose, 1837, стр. 293 и сл.

[5] Превосходные образцы самородков из Калифорнии, с ясным древовидным строением, находились в известной коллекции проф. Поля в Вене. О строении золотых самородков см. Liversidge, 1894, стр. 199; 1897 (1), стр. 70 и сл.; 1900, стр. 259.

достигают иногда огромных размеров. Так, самый большой, кажется, самородок золота, до сих пор найденный (в 1872 г. в Новом Южном Валлисе), представлял пластину около 2,5 см толщиной, 144 см длиной и 9 см шириной[1]. Вес самого большого самородка в Молиагуле (Виктория) — 71 кг[2]. Огромные самородки были найдены в Царево-Александровской россыпи. Наибольший из них' найденный в 1837 г., весил 36 кг[3].

Генезис таких больших самородков все-таки является довольно загадочным. Долгое время их считали образующимися или дорастающими в россыпях (§ 127), так как сперва не встречали самородков золота в жилах. Однако уже давно были

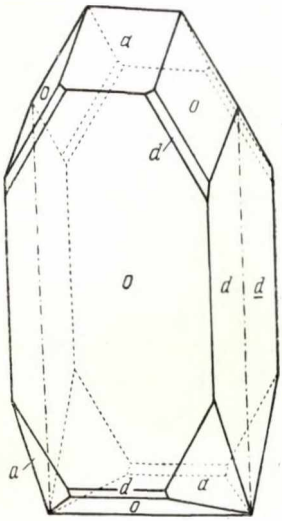


Рис. 43. Отдельный кристалл пластинки золота (рис. 41—42). Двойник по {111}

a {100}, *c* {111}, *d* {110}

Рис. 44. Самородок золота из Зотиевского прииска.

По Лейхтенбергскому, 1867

встречены ясные фактические опровержения этого взгляда — так, и в России, на Алтае[4], и в Австралии[5] встречаются самородки, тесно связанные с жильным кварцем.

В кварцевых жилах Монюментал-Майн, Сиерра, Калифорния, самородок весил 32,5 кг, а в кварцевой жиле Хилл-Энд, Новый Южный Валлис,— около 85,05 кг[6]. Надо думать, что самородки произошли из водных растворов путем медленной кристаллизации.

Отдельно должны быть поставлены конкреционные образования золота (аналогично Pt, § 71). Нередко они имеют форму шариков[7]. Такие конкреционные формы, должно быть, указывают на существование в природе растворов коллоидального золота или на выпадение его природ-

---

[1] Valliant, 1901, стр. 132. Так называемый Гольтерманов самородок весил 28,6 кг. См. E. Pittman, 1901 (1), стр. 30—31.

[2] Babu, 1896, стр. 350.

[3] Ср. о самородках: Озерский, 1843, стр. 74 и сл.; Cumenge et Robillaz, 1898, стр. 17 и сл.; Lindgren, 1913, стр. 208.

[4] М. Карпинский, 1840 (2), стр. 211.

[5] Kraatz, 1896, стр. 185, по Howitt.

[6] Lindgren, 1913, стр. 208.

[7] Оригинальные образования описаны Ливерсиджем (Liversidge, 1908, стр. 161). Они имели строение, аналогичное агатам.

ных соединений в форме коллоидов, позже выделяющих самородное золото (§ 110)[1].

108. Физические свойства самородного серебра. Очень схожи с золотом кристаллические образования самородного серебра. Однако, изучая его кристаллы, мы не видим явлений, которые указывали бы на отсутствие осей симметрии 4-го порядка. Очень возможно, что серебро кристаллизуется в голоэдрии правильной системы (§ 106)[2].

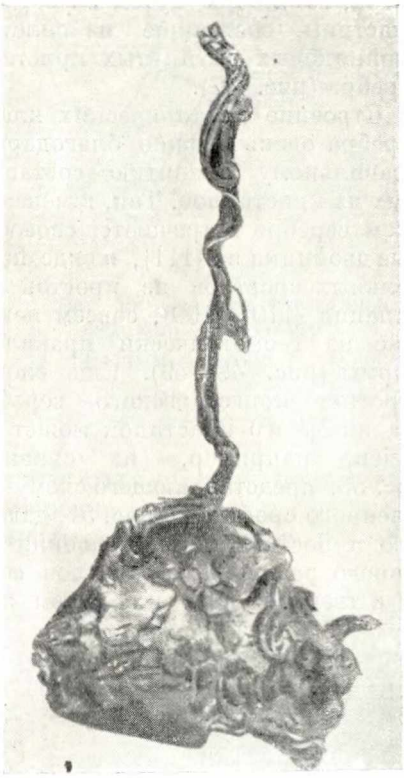


Рис. 45. Самородное серебро из Конгсберга.

Коллекция Московского университета. Фото Н. И. Сургунова. 1/1

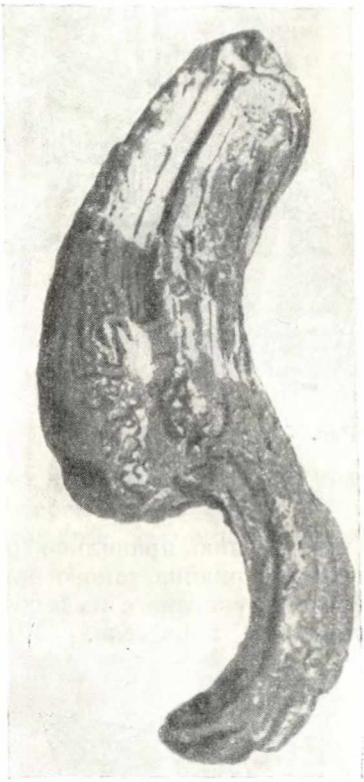


Рис. 46. Самородное серебро из Конгсберга.

Коллекция Академии Наук. Самородок был подарен Петру Великому. 1/2

Простых форм для него известно мало. В кристаллических его многогранниках преобладают {100} или {111} (Конгсберг в Норвегии, старинное серебро Фрейберга, Караколес в Чили)[3]. Кристаллы серебра обычно сильно

[1] Ввиду неясности кристаллического класса я не привожу списка простых форм золота. Те списки, какие даются, относятся к голоэдрии. См. список у C. Hintze, I, 1898, стр. 236. Для медистого золота известен {111} (А. Николаев, 1908, стр 529).

[2] Или в классе $3L^4 4L^3 6L^2$.

[3] О кристаллической форме серебра: Romé De l'Isle, 1783 (2), стр. 432; Haidinger u. Mohs, 1825, стр. 434; G. Rose, 1831, стр. 202; 1845, стр. 533; Sadebeck, 1878, стр. 293; Fletcher, 1880, стр. 185; C. Hintze, I, 1898, стр. 218.

деформированы. Развитие длинных волосатых кристаллов (главным образом {100}, вытянутых по L^4) для него еще характернее, чем для золота; этим путем образуются волосы до 0,5 м длиной, сильно изгибающиеся, скручивающиеся, образующие комки (рис. 45—46). Чрезвычайно характерны двойники по {111}, причем входящие в состав двойника неделимые сильно деформированы, аналогично тому, что было указано для Au (§ 106, 107). Этим путем серебро дает пластины, состоящие из сплетения двойниковых вытянутых кристаллов серебра (рис. 47).

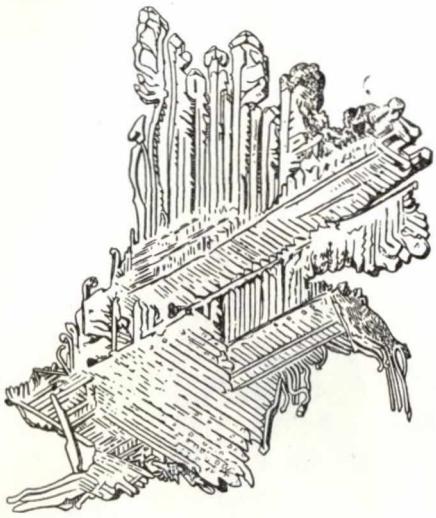


Рис. 47. Пластинка серебра из Конгсберга.

По Рату, 1879

Строение металлических пластин серебра очень сложно благодаря неправильному развитию составляющих их кристаллов. Так, в мексиканском серебре встречаются своеобразные двойники по {111}, в виде параллельных сростков из простой комбинации {110}·{100}, совсем непохожие на геометрически правильные формы (рис. 48—49). Еще сложнее строение конгсбергского серебра[1]. Характер его пластинок может быть виден, например, из сравнения рис. 50, представляющего схему естественного сростка, с рис. 51, дающим ту же комбинацию, правильно развитую и поставленную в двойниковое положение. Причина такого оригинального развития кристаллов серебра, вероятно, связана с их выделением в твердой среде или путем электролитических процессов.

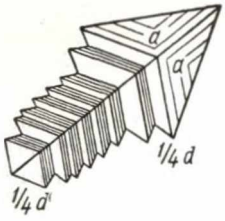


Рис. 48. Двойники серебра из Мексики.

По Задебеку, 1878
a {100}, 1/4 d {410}

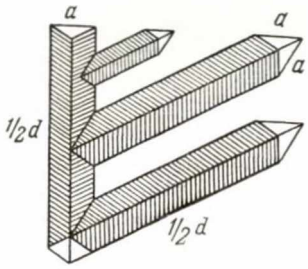


Рис. 49. Увеличенная ветка дендритового сростка.

Оттуда же.
a {100}, 1/2 d {210}

[1] Превосходная коллекция кристаллов серебра (дендриты и отдельные сростки), которые могут поспорить с конгсбергским, из Элькхорн в Монтане, принадлежит университету в Монреале.

Синтетически волосатое серебро получается при особых условиях, при восстановлении Ag_2S, может быть из его паров, образующихся при относительно низкой температуре. Кольшюттер и Эйдман считают волосатое серебро некристаллическим; см. Kohlschütter u. Eydmann, 1912 (1), стр. 340; 1912 (2), стр. 86.

Параллельные сростки серебра образуются по L^4 или по L^2, причем кристаллы-субиндивиды вытянуты по двойниковой оси. От повторения

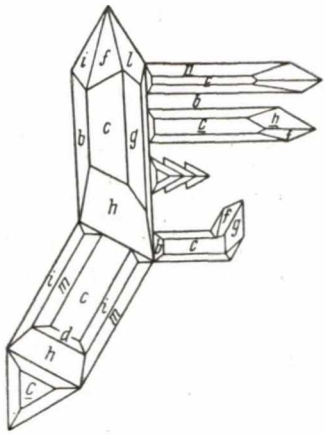


Рис. 50. Сростки кристаллов серебра из Конгсберга.

По Розе и Задебеку, 1878

b, *c*, *d* {111}, остальные буквы обозначают форму {113}

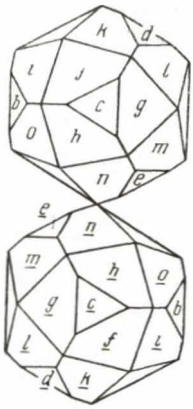
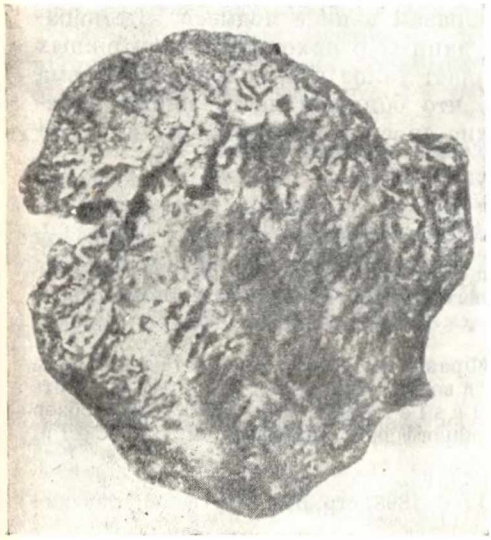


Рис. 51. Схема сростка рис. 50.

Обозначения те же

параллельных сростков и полисинтетических двойников по {111} образуются самородки, которые достигают иногда огромных размеров; иногда они превышают 500 кг. Такие огромные самородки находили в старинных



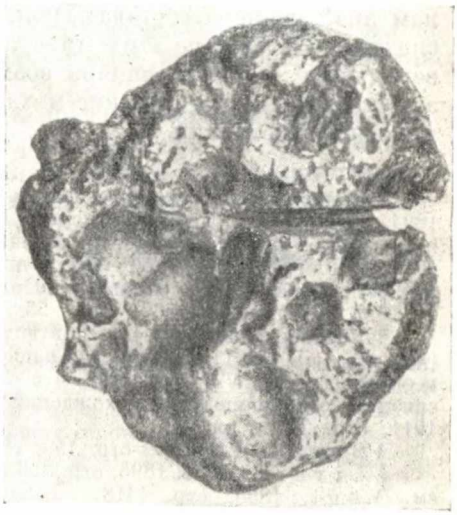


Рис. 52 и 53. Серебряный самородок XVIII века с Медвежьего острова. Вид с противоположных сторон

Коллекция Академии Наук. Фото препаратора Петца. 1/2

разработках Рудных гор, Медвежьего острова (рис. 52—53) на Белом море, в разных рудниках Перу, Чили[1] и т. д.

109. Нахождение золота в земной коре. Благодаря значению в жизни человека и своей большой ценности, месторождения золота изучены едва ли не более месторождений всех других металлических минералов. Учитывались и отмечались мельчайшие его нахождения в культурных странах, и в погоне за золотом человек ненасытно устремлялся в новые, дикие местности, захватывая их нередко путем преступлений и насилий.

На золото испробованы в течение веков все окружающие человека породы, и по отношению к нему мы можем утверждать с фактами в руках, что в небольшом количестве оно рассеяно всюду. Это было ясно уже для ученых XVIII столетия — для Ле Сажа, Бюффона и др.[2]

В минимальных следах оно рассеяно в почве, в воде некоторых рек, в массивных и метаморфических горных породах и минералах, очень часто в осадочных породах.

В заметных количествах оно находится в воде океанов[3]. Оно впервые было в ней констатировано Зонштадтом[4]. Позже были сделаны количественные исчисления, давшие числа, колеблющиеся между 0,0000004% (Дон — для Тихого океана) до 0,000006% (Ливерсидж)[5]. В общей массе океана эти ничтожные доли составят колоссальные количества золота, исчисляемые миллионами тонн.

110. Золото находится в природе в разной форме, но характер его первичных выделений нам не всегда ясен. Несомненно оно известно: 1) в самородном состоянии — в самородных золоте, ртути, серебре, висмуте и т. д. и 2) в виде химических соединений, среди которых наиболее точно установлены теллуристые.

Однако возможно, что оно образует еще и какие-то сульфосоли, в виде которых находится в ничтожных количествах в изоморфной подмеси к другим сульфосолям (блеклым рудам, айкиниту и т. п.), и, может быть, даже нестойкие простые сернистые, мышьяковистые, сурьмянистые соединения, представленные главным образом в виде подмеси к минералам аналогичного состава. Целый ряд данных о нахождении ничтожных следов Au в составе этих минералов делает такое предположение весьма вероятным[6]. Однако вполне возможно, что бóльшая часть золота образует с этими телами тонкие механические смеси и находится в них в самородном состоянии.

---

[1] Самородок в Конгсберге, найденный в 1867 г., достигал 500 кг; см. Münster, 1894, стр. 49—50. Другие примеры у De Launay, 1896 (1), стр. 38—39. В Саксонии, около Гиммельсфюрста, не раз находили куски до 250 кг (еще в 1857 г.). См. H. Müller, 1901, стр. 156—157. В древних легендах сохранились известия об огромных самородках Перу и Чили. О мексиканских см. Mather, 1833, стр. 227, 234 и сл.

[2] Flourens, 1860, стр. 55.

[3] Вагонер нашел для морской воды Сан-Франциско 12—16 мг золота в 1 т воды (Wagoner, 1901, стр. 798). Он нашел его и в воде глубин (1907, стр. 704). О золоте в океане см. P. Wilde, 1905, стр. 559; Wiesler, 1906, стр. 1795. Общий обзор связи золота с породами, нахождения его в гидросфере и литосфере см. Lincoln, 1911, стр. 247 и сл.

[4] Sonstadt, 1872, стр. 159; 1892, стр. 131.

[5] Liversidge, 1895, стр. 336 и сл.; Don, 1898, стр. 615. Другие определения см. Vogt, 1898, стр. 318.

[6] Ср. Wilkinson, 1867, стр. 12—18; Gutberlet, 1857, стр. 531 и сл.; Atherton, 1891, стр. 278; Bischof, 1866, стр. 839. Опыты Атертона для золота в арсенопиритах из Дип-Крик показали, что оно почти нацело растворимо в водном растворе Na_2S_2. Эта реакция исключает, повидимому, существование металлического золота, но не противоречит возможности существования мышьяковистых его соединений.

Не раз пытались найти указания на другие формы золота в природе, но эти попытки не привели ни к каким точным выводам и существование других соединений золота носит чисто гипотетический характер. Так, уже в 1850-х годах Гутберлет принимал существование в водных растворах сложных силикатов золота[1], другие искали хлористое золото[2], фтористое[3], иодистое и теллуристое[4], ауураты[5] и т. д.

Все эти предположения вызваны попытками объяснить выделение золота из его водных растворов. Считалось, что в воде золото нерастворимо. Однако мы знаем теперь коллоидальные растворы металлического золота. Очень возможно, что в природных водных растворах мы имеем дело не с соединениями золота, а что золото находится в них в виде коллоидального золота, аналогично платине (§76). Характерная форма конкреций делает это предположение почти неизбежным в некоторых случаях.

111. Нахождение в некоторых поверхностных участках земной коры водных растворов, содержащих золото, как увидим ниже, доказывается всей историей природного золота. Но оно ясно не только из парагенетических наблюдений (§120). Множество фактов указывает на легкую подвижность, растворимость золота в циркулирующих в земной коре водах.

Уже одно нахождение его в измеримом количестве в воде океанов (§109), в которой скопляются все вещества, растворяющиеся в текучих водах земной поверхности, неопровержимо это доказывает. Есть и прямые наблюдения над выделением самородного золота в осадках современных горячих источников. Таковы, например, источники Стимбот в Северной Америке, Боулдер в Монтане; они и теперь отлагают золото вместе с SiO_2, HgS, FeS_2, сульфидами As и Sb и т. д.[6] Наблюдения Смита, Ульриха и других над россыпями Австралии указали на отложение золота в кристаллах пирита, образовавшегося в историческое время и осевшего на органические остатки — деревянные закрепы и тому подобные новейшие сооружения, сохранившиеся в россыпях[7].

В золотоносных местностях тропиков, например в Гвиане, золото проникает в растения, открывается в золе деревьев, причем можно было убедиться, что это не была механически захваченная золотая пыль[8].

В жилах золото нередко выделяется в друзах вторичных кристаллов, несомненно, образовавшихся из водных растворов; так, в трансильванских месторождениях оно иногда выделялось внутри кристаллов горного хрусталя, гипса, в связи с цеолитами и т. д., в кварце и углекислых солях найдено на Урале, в барите — на Алтае и в Калифорнии, в азурите — в Моренси, в Аризоне, и т. п. Наконец, в тех же месторождениях оно оседает в виде неразличимой глазом пыли внутри кристаллов пирита

---

[1] Gutberlet, 1857, стр. 516 и сл. Эта идея много раз повторялась и позже, без всяких доказательств. Анализы пород и минералов Новой Зеландии в прекрасной работе Дона (Don, 1898, стр. 650—653 и сл.) ясно доказывают, что в твердом виде золото не связано с силикатовыми телами, а связано с сернистыми.

[2] Genth, 1859, стр. 254. Ср. также Schneider, 1891 (1), стр. 2247.

[3] De Launay, 1907 (1), стр. 127.

[4] Van Hise, 1901, стр. 117.

[5] Louis, 1893—1894, стр. 247.

[6] G. Becker, 1887, стр. 200 и сл.; 1888, стр. 344; Weed, 1900, стр. 234—235.

[7] J. Phillips, 1884, стр. 73.

[8] Lungwitz, 1899, стр. 23.

(FeS_2), несомненно, выпавших водным путем[1]. В гипсе кембрийской красноцветной толщи на р. Чаре (бассейн р. Олекмы, Якутская обл.) содержится золото (по указанию А. П. Герасимова).

На перенос его в растворах указывает, наконец, нахождение его в осадочных породах, богатых ископаемыми, например, в Калифорнии, в прибрежных Кордильерах, в руднике Манзанита, оно найдено вместе с киноварью в нижнемеловых сланцах (с *Aucella Piochi* Gabb.)[2]; в Южном Урале, на Сапарке, — внутри стеблей криноидей[3].

112. Эта легкая подвижность золота может быть связана не только с простой растворимостью в воде коллоидального золота или золотых соединений. Она может быть обусловлена другими своеобразными свойствами соединений золота, проявляющимися в сложных химических процессах, мало изученных, идущих в водных растворах. Здесь идут нередко — в присутствии в данной среде посторонних тел — своеобразные явления контактного характера. Так, растворимые золотые соединения (например, сернистое золото в воде, содержащей небольшие количества углекислых щелочей) чрезвычайно легко выделяют металлическое золото при соприкосновении с твердыми сернистыми соединениями свинца, железа и т. д., с органическими остатками, золотыми кусочками и пр.[4] Несомненно, условия такого выделения золота должны не раз встречаться в природе, в россыпях или в верхних частях жил.

С другой стороны, нерастворимые при обычных условиях соединения и формы золота переходят в «раствор» при соприкосновении с растворами некоторых тел. Давно известно, что хлористые, азотнокислые, сернокислые соли щелочных металлов в водных растворах способны «растворять» золото. Растворы таких солей находятся всюду в поверхностной пленке земной коры и в течение веков слабое их действие может очень значительно сказаться на распределении золота. Таковы же и сульфаты окиси железа, способность водных растворов которых растворять металлическое золото тоже доказана опытом. Эти сульфаты образуются при разрушении пирита, несомненно часто находятся в богатых золотом участках земной коры. Этим путем, может быть, должны быть объяснены губчатые самородки золота верхних частей жил[5] (§ 119). Есть случаи, где такое золото встречено в непосредственной связи с этими сульфатами (в кварцитах Батл-Маунт, в Колорадо)[6]. В какой форме находится Au в таких растворах, неясно. Может быть, играют роль в растворении золота сернистые щелочи. Они отлагают золото при действии кислот и окислителей[7].

---

[1] Обзор вопроса о форме нахождения золота в пирите см. Minnich, 1911, стр. 449 и сл. (литература). В Снеттишем-Майн около Джуно в Аляске наблюдались пириты, пронизанные золотом. Повидимому, здесь золото образовалось в конце образования пирита. Кристаллы золота не наблюдаются внутри пирита; они полувросшие — пирит заканчивал свой рост после выделения золота. См. об этом кристалле Pogue, 1910, стр. 477—483.

[2] Turner, 1897, стр. 473.

[3] По указанию П. К. Алексата.

[4] Ср., например, Newberry, 1868, стр. 54—59; Liversidge, 1893, стр. 330 (может быть, в связи со слабыми гальваническими процессами). О растворимости золота см. еще Minnich, 1911, стр. 450.

[5] Идея высказана Вурцем. См. Pearce, 1889, стр. 244. О природных растворах золота см. Wurtz, 1858, стр. 51; Brokaw, 1910, стр. 321.

[6] Guiterman, 1890, стр. 266.

[7] Lenber, 1912, стр. 744. О преимущественном значении при этом соединений марганца в качестве растворителя и железа — осадителя см. W. Emmons, 1910, стр. 768.

Очень возможно, что и многие другие вещества (например органические) обладают способностью растворять Au. Эти явления, повидимому, связаны с мало изученной областью химии коллоидов.

113. Месторождения золота могут быть сведены к нескольким типам, частью — коренным, частью — вторичным.

Несомненно, главная масса самородного золота в земной коре сосредоточена в коренных месторождениях. К числу их относятся как месторождения золота, непосредственно связанные с массивными породами, так и отложения жильного характера.

Среди коренных месторождений наибольшее его количество находится выделенным в рассеянном виде, обычно в виде мельчайшей пыли в массивных или метаморфических породах. Эти месторождения большей частью не имели практического значения и потому позже других обратили на себя внимание, но, несомненно, они являются первоначальным источником золота; так или иначе, из них оно попадает в другие месторождения.

В конце концов и золото метаморфических пород происходит из массивных пород, так как не будет ошибочным считать метаморфические породы за измененные осадочные или массивные[1]. В массивных породах оно находится как в породах эффузивных и интрузивных, так и в дайках, т. е. в жильных породах.

Поэтому можно высказать положение, что первичной формой выделения самородного золота в природе является выпадение его в расплавленных массивных породах и нахождение рассеянным в силикатовых магмах[2].

Рис. 54. Золото в граните из Соноры, Мексика.

По Мерриллу, 1896. Черное — золото. Меньший чертеж — зерно кварца, больший — ортоклаза. В последнем видны следы спайности. Увеличено

Только в отдельных, частных случаях оно при этом видно глазом или может быть наблюдаемо под микроскопом (рис. 54)[3], гораздо чаще оно рассеяно в виде незаметной пыли и иногда открывается только химически. Форма таких выделений неправильна; иногда можно видеть дендритовое сложение (например в пехштейне).

Самородное золото найдено в самых разнообразных породах, как, например, в трахитах Южной Тасмании пермо-карбонового возраста[4], в свежих

---

[1] Очень возможно, с другой стороны, что все массивные породы, нам доступные, являются переплавленными осадочными. Это вытекает логически уже из рассуждений Геттона (J. Hutton, 1795, стр. 98, 311 и сл.; Playfair, 1802, стр. 10 и сл.). Выяснение значения геосинклиналей в процессах земной коры делает это предположение весьма вероятным.

[2] О нахождении золота в массивных породах см. F. Clarke, 1911 (1), стр. 613; D. Levat, 1912, стр. 3—7; Lacroix, 1901, стр. 190 (очень обычно на Мадагаскаре); Lindgren, 1913. Общая сводка — Lincoln, 1911, стр. 247.

[3] Möricke, 1891, стр. 191; Merrill, 1896, стр. 309; Jaquet, 1894, стр. 133. Ср. R. Beck, 1903, стр. 18—19.

[4] Twelvetrees a. Petterd. Proceedings of R. S. of Tasmania, **12** (N. S.). Работа была мне недоступна.

диаллагоновых перидотитах и дунитах Урала[1], в дайках мончикита и камптонита Мариупольского у. Таврической губ.[2], в гранитах из Соноры в Мексике[3], в диоритах[4], базальте[5], пехштейне и кварцевом трахите[6] и т. д.[7]

Золото находится, как видим, как в кислых, так и в основных породах[8] (ср. железо — § 50, платина — § 77). Относительно редко наблюдается оно в таких месторождениях в количествах, окупающих разработку, и преимущественно лишь тогда, когда оно собрано благодаря изменению породы в верхних ее частях (в элювии)[9]. Так, его добывали из сильно разрушенных гнейсов в окр. Кампанья и в Минас-Жераис в Бразилии[10], из превращенных в латерит гнейсов Мадагаскара[11] и латеритов Гондураса[12]. Многочисленны случаи нахождения его на Урале в верхних частях пород, переработанных отчасти водой, как в кислых, так, особенно, в основных породах[13], например, в перидотитах системы р. Киолим на Южном Урале, в серпентинах около Соймановска и других мест Кыштымского окр.[14], в разрушенных диабазах на Северном Урале (Никито-Павдинская россыпь) и т. д.[15]

114. Подобно тому, что мы видели и для других металлов, характер выделения золота в массивных породах неясен. Очень возможно, что оно не выпадало из расплавленной магмы, а выделялось с летучими или легко растворимыми в горячей воде соединениями.

Нередко в таких массивных и метаморфических породах золото скопляется в особых определенных участках, выделяется среди тяжелых металлических концентраций в породе. Так, среди кристаллических сланцев Бразилии и Южной Каролины оно сконцентрировано в выделениях железного блеска, и некоторые железные руды Бразилии служили золотой рудой (вместе с порпецитом, § 101). Точно так же в железном блеске силурийских слюдяных сланцев и кварцитов горы Ляйель в Тасмании выделилось самородное золото[16].

---

[1] По исследованию Л. Ячевского. См. Чернышев, 1889 (1), стр. 306. Уже в 1820-х годах указано было Щегловым в змеевике Коптяковского рудника. Ср. М. Карпинский, 1840 (2), стр. 202; Высоцкий, 1913, стр. 26. Одновременно с русскими исследователями (Щегловым, Карпинским и др.): повидимому, к тем же представлениям о нахождении золота в массивных породах пришли и на Западе. Гумбольдт держится этих мнений (для серпентинов Атубы, Гаити и т. д.); см. Humboldt, 1843, стр. 527—528. Он указывает, что Пруст нашел золото в гранитах Испании; см. там же для Гаити Гаупт. Ср. для Атубы Reinwardt, 1827, стр. 330. Вагонер (Wagoner, 1901, стр. 798 и сл.) находил в гранитах 104—1131 мг Au на 1 т.

[2] Морозевич, 1903, стр. 10—11.

[3] Merrill, 1896, стр. 309—310.

[4] Genth, 1859, стр. 253; Schmeisser, 1897, стр. 74—75 (в пирите и арсенопирите?); Spurr, 1903, стр. 500.

[5] Из Декана в Индии — по указанию Джоли в заседании Британской ассоциации в Дублине в 1908 г. (Joly, 1908 (1), стр. 9).

[6] Möricke, 1891, стр. 191 и сл.

[7] См. многочисленные примеры у Cumenge et Robillaz, 1898, стр. 24 и сл.; Pittman, 1901 (2), стр. 62 и сл.

[8] De Launay, 1897 (1), стр. 224.

[9] Такой генезис некоторых месторождений Урала определен еще в 1820-х годах Щегловым; см. М. Карпинский, 1840 (2), стр. 202. Ср. Чернышев, 1889 (1), стр. 305 — для Балбукской дачи.

[10] Derby, 1884, стр. 443.

[11] Lacroix, 1901, стр. 181.

[12] Genth, 1859, стр. 253.

[13] Для основных пород впервые Н. Щеглов, для сиенитов, диоритов и т. д.— уже М. Карпинский (1840 (2), стр. 202).

[14] Кокшаров, 1870 (2), стр. 323; А. Карпинский, 1883, стр. 204.

[15] Е. Федоров, 1894, стр. 86.

[16] Russel, 1896, стр. 16—17.

Гораздо чаще такие богатые золотом участки породы состоят не из кислородных, но из сернистых соединений, главным образом из пирита. Пирит образует нередко огромные включения в гнейсах и сланцах, в форме чечевиц и тому подобных толщ. Такие толщи серного колчедана, богатого кварцем и содержащего золото, наблюдаются в очень многих местностях[1] — в Виргинии, Каролине, Аллеганских горах, Отаго в Новой Зеландии, на горе Ляйель в Тасмании[2] и т. д. В пиритах же местами концентрируется золото и в массивных породах; так, в Чили, в руднике Хурумата и других в окр. Андоколла, золото сконцентрировалось в пиритах, рассеянных в липарите[3], в нем же оно выделилось в контактовых частях диорита в Куинсленде[4]. К тому же самому типу принадлежит выделение золота в пиритах, рассеянных в массе березита (гранита) в Березовске на Урале (§ 117)[5]. Аналогично выделение золота в гранитах системы р. Джалон, бассейн р. Зеи, Амурская обл., образовавших при своем разрушении богатейшие россыпи золота. Оно сосредоточено здесь в мельчайших прожилках в самой породе, состоящих из лимонита и достигающих максимум 10 мм толщины[6] и т. д.

Очень вероятно, что первичной формой концентрации золота в этих массивных породах были сернистые и мышьяковистые соединения[7], тогда как кислородные (гематит, лимонит и т. д.) — явились продуктом их разрушения. Но едва ли было бы правильно обобщать эти наблюдения.

Если пириты являются инъекцией в магму или последними выделениями в ней шлирового характера, мы имеем в этих коренных месторождениях золота переход к его жильным выпадениям.

Среди магматических жильных, дайковых, выделений золота особенное значение приобретают выделения его в гранитных пегматитовых жилах или даже выпадения его в мелкозернистом жильном граните, в аплите. Эти выделения приближаются к чисто жильным месторождениям, т. е. к месторождениям золота, выделенным при участии воды. Таковы коренные месторождения в бассейне Гилюя, в Зейском окр. Амурской обл. Здесь жильные гранитные породы прорезают гнейсы и состоят главным образом из кварца и полевого шпата, реже — из мусковита. Они содержат самородное золото[8]. Совершенно аналогичны кварцевые жилы Аляски, постепенно переходящие в «аляскиты» — жильные или пегматитовые породы[9]. Между этими пегматитовыми образованиями и обычными кварцевыми жилами есть все переходы, и некоторые кварцевые жилы, содержащие золото, являются пегматитовыми жилами[10].

---

[1] Wimmer, 1895, стр. 3 и сл.
[2] Russel, 1896, стр. 16, 57, 65.
[3] Möricke, 1897, стр. 19—20.
[4] Daintrée, 1878, стр. 431.
[5] О нахождении в пиритах Березовска см. возражения Арцруни, 1885.
[6] A. Levat, 1897 (2), стр. 150—163.
[7] Золото находится иногда в арсенопирите и лёллингите, выпавших в магматической породе, и открывается в них химически, например, в Рейхенштейне в Силезии. См. Traube, 1888, стр. 22, 135.
[8] М. Иванов, 1901, стр. 34.
[9] Об этом см. для Юкона: Spurr, 1896—1897, стр. 202; 1903 (2), стр. 309 и сл. (литература); Belt, 1861; 1888, стр. 96. Работа Rosales (1860) перепечатана у Lock, 1882, стр. 749 и сл.
[10] Возражения принятым мною взглядам на генезис кварцевых жил см. у Van Hise, 1904, стр. 1048; Hastings, 1906, стр. 647. Эли де Бомон в своих воззрениях, близких к современным, основывался на идеях Розé (Rozet); см. Elie de Beaumont, 1847, стр. 1309.

Работы последних лет подтвердили в этом отношении старинные взгляды Фурнэ, Белта, Розалеса и др., настаивавших на огненном, в той или иной степени, происхождении жильного кварца. Значение этих пегматитовых месторождений в истории золота не может быть сейчас учтено. Повидимому, к ним придется отнести значительную часть богатых кварцевых жил золота (§ 118).

115. Эти переходы ясно указывают на сложность второго типа коренных месторождений самородного золота, его жильного генезиса. Характерным условием такого выделения золота может считаться участие в образовании жильных минералов воды, как известно, неизбежной и для пегматитовых жил. Жильные месторождения самородного золота могут быть разделены на следующие генетические группы.

Во-первых, мы имеем жильные выделения, находящиеся в тесной связи с изверженными породами и являющиеся как бы непосредственной конечной стадией застывания верхних или краевых частей массивной породы. В этой стадии богатые газообразными веществами верхние части породы перерабатываются горячей водой, и новые образовавшиеся соединения остаются в породе, заполняя пустоты и трещины, образовавшиеся в ней благодаря химическому действию воды, выделению газов, ее сжатию вследствие застывания. Такие золотые месторождения было бы неправильно называть жилами, а более всего они подходят к типу золотоносных штокверков, характерных для оловянного камня. Подобно ему, золото здесь не только проникает разрушенную породу, но вынесено и в настоящие трещины — жилы, тесно связанные с типичными штокверками.

Другим типом могут считаться золотые месторождения, сопровождающие жильные массивные породы. В тесной связи с некоторыми жильными массивными породами идут, к сожалению, мало до сих пор изученные выделения в них газообразных продуктов и вод, довольно резко отличающие их от обычных фумарольных выделений и от эффузивных и интрузивных пород. Может быть, удобнее всего назвать такие месторождения контактовыми золотоносными жилами. Они имеют много аналогий с пегматитовыми жилами, но золото выделено в них не столько в самой жильной массивной породе, сколько на ее контактах.

Наконец, третий тип жильных месторождений золота представляют обычные жилы, связь которых с окружающими породами весьма слаба. Они заполняют большей частью тектонические трещины земной коры и находятся вне непосредственной связи с той материнской массивной породой, откуда вынесены горячими водами или испарением их составные части; это обыкновенные золотоносные жилы. Между этими, почти исключительно кварцевыми, жилами и пегматитовыми выделениями золота наблюдаются все переходы.

116. В штокверках характер золотых месторождений меняется в зависимости от характера — основного или кислого — массивных пород.

В кислых породах золото выделяется в кварце, реже в халцедоне или опале, сопровождается простыми сернистыми соединениями и сульфосолями меди, свинца, цинка, серебра, железа; нередко тут же выпадают соединения бора, теллура, вольфрама, молибдена, указывающие, может быть, на переработку водой летучих соединений магм.

К этому типу относятся старинные золотые месторождения Трансильвании. Они расположены в пределах четырехугольника, образованного Оффенбанией, Залатной, Нагиагом, Карасом[1]. Здесь[2] расположены знаменитые месторождения — Оффенбания, Абрудбания, Вереспатак, Ботес, Фачебай, Залатна, Бойца, Нагиаг и т. д. Золото находится главным образом в тесной связи с третичными магмами, различными роговообманковыми андезитами, дацитами и т. д. Золото выделилось в неправильных прожилках и жилах как в самих изверженных породах, так и в окружающих их третичных песчаниках, мергелях и т. п. Оно выпало в пустотах вместе с кварцем и сернистыми, местами теллуристыми, соединениями, главным образом с пиритом и в пирите, с блеклыми рудами, алабандином, карбонатами Ca, Fe, Mg, Mn и т. д. Особенно важны месторождения золота около Вереспатака и Оффенбании, где местами встречались значительные количества золота и где добыча его идет в течение тысячелетий: оно добывалось еще до прихода римлян и вырабатывается поныне. Как пример скоплений самородного золота в Вереспатаке можно привести шток Катрончи, который дал в 1823—1824 г. золота на 1 млн. флоринов и имел размеры: 130 м в длину и 20—40 м в ширину. Золото этих месторождений богато серебром.

Может быть, аналогичны им некоторые месторождения, связанные с кислыми третичными вулканическими породами (большей частью после миоцена) Мексики и Северной Америки. Они переходят в кварцевые метасоматические жилы контактового характера, богатые серебром (§ 117). Сюда же должны быть отнесены некоторые месторождения Новой Зеландии[3], может быть, загадочное месторождение горы Морган в Куинсленде[4].

К тому же типу месторождений должно быть отнесено золото в штокверках оловянного камня. Небольшие количества золота являются обычным спутником касситерита в таких месторождениях. Иногда разрушением таких, бедных золотом, месторождений образуются золотоносные россыпи — например в Центральной Франции[5].

Совершенно иной тип представляют золотоносные штокверки в основных породах. Золото выделяется в трещинах и пустотах, заполненных продуктами переработки оливина и ромбических пироксенов горячей водой, т. е. в серпентинах, гидромагнезитах, магнезите, серпентин-асбесте, брусите и т. д. Все эти тела выделились в последнюю стадию застывания магмы. Таковы, например, некоторые золотоносные месторождения Балбукской дачи на Южном Урале[6], где золото выпало в виде тончайших пластинок и мути. Некоторые другие месторождения склонов Урал-Тау, в Верхнеуральском у., принадлежат к тому же самому типу[7]. Аналогично уральским нахождение золота в серпентинах Онтарио[8].

---

[1] См. Papp, 1906, стр. 305.

[2] См. Zepharovich, 1859, стр. 169; 1873, стр. 136; 1893, стр. 109; Semper, 1900; Cotta, IV, 1862; R. Beck, 1903, стр. 317 (литература); Stelzner u. Bergeat, 1906, стр. 660 и сл. (литература).

[3] Гауракн, в андезитовой брекчии; см. Rickard, 1894 (2), стр. 325.

[4] Jack a. Etheridge, 1892, стр. 598 и сл.; Dunn, 1905, стр. 343 и сл. Очень возможна связь с диатремами, аналогично некоторым месторождениям теллуристого золота.

[5] De Launay, 1907 (1), стр. 69—70. Ср. Lacroix, 1897, стр. 420.

[6] Чернышев, 1889 (1), стр. 305.

[7] См. также Futterer, 1897, стр. 193 и сл.

[8] Baetz, 1911, стр. 381.

117. Контактовые жильные месторождения золота, насколько известно, связаны главным образом с жильными гранитными или вообще кислыми породами.

Можно отличить здесь два резко выраженных типа. В одних случаях в области развития массивных пород, в связи с процессами их застывания,

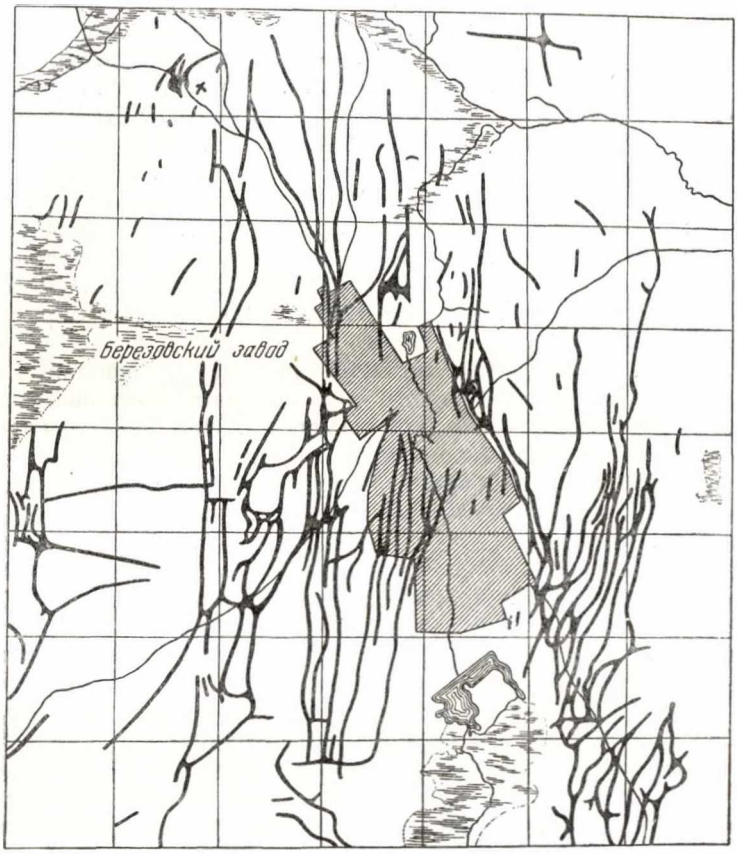


Рис. 55. Система жил березита, содержащих золотоносные кварцевые жилы, около Березовского завода.

По А. Карпинскому, 1897. Эта карта впервые опубликована Окладных (1862)

идет выделение кварцевых жил, богатых золотом, причем все окружающие породы резко изменены какими-то процессами, связанными с выделением углекислоты или горячих растворов, богатых карбонатами. Вместе с золотом в этих месторождениях всегда наблюдается выделение соединений хрома или висмута, пирита, нередко медных тел. В других случаях в такого же рода жильных выделениях карбонаты не играют видной роли. Золото выделялось в связи с соединениями кремния и алюминия. Из водных растворов выпадают вместе с ним силикаты и алюмосиликаты. Золото сопровождается соединениями серебра.

Очень ясно первый тип выражен в некоторых золотых рудниках Урала — в Березовске и Невьянске. В Березовске[1] (рис. 55) своеобразные коренные месторождения были открыты в 1748 г. и с тех пор непрерывно разрабатываются. Здесь на пространстве 64 км[2] тальково-хлоритовые сланцы прорезаны дайками березита — мелкозернистого гранита, местами переходящего в грейзен (мощностью от 2 до 40 м). Их известно до 125; они идут почти в меридиональном направлении; самые длинные — до 7 км (рис. 55). Перпендикулярно к своему простиранию они пересекаются тонкими кварцевыми, иногда охристыми жилами (редко до 1 м мощностью), заключающими золото вместе с айкинитом, пиритом, халькопиритом, галенитом, местами с хромовыми соединениями[2] и т. д. Эти «жилы» обыкновенно не выходят из березита. Золото очень обычно не только в кварцевых жилах, но и в зальбандах; оно встречено и в березите. В пирите, массами скопленном в березите, оно находится в значительном количестве. Чрезвычайно характерно изменение окружающих пород; это изменение привело к образованию лиственита — породы, в которой наряду с магнезиальными силикатами (тальком) и алюмосиликатами (серицитом) выделилась окись железа (гематит) и карбонаты (брейннерит, доломит и т. п.). Золото в Березовске выделилось в самородном состоянии вторичными процессами, почему его заметно больше в верхних горизонтах[3]. Первоначально оно скопилось в пирите, айкините, галените; при их разрушении выпадало самородное золото, которое затем переносилось в водных растворах. Золотоносные жилы того же типа нередко наблюдаются на Южном и Среднем Урале (§ 153, 154).

Того же типа своеобразные кварцевые (местами богатые кальцитом и доломитом) жилы известны вдоль Тихоокеанского побережья Америки, они — большей частью мелового возраста. Золото находится здесь в свободном состоянии или сосредоточено в сернистых телах. Область этих жил[4] тянется на огромном протяжении от Мексики (в Нижней Калифор-

[1] Окладных, 1862, стр. 253 и сл.; А. Карпинский, 1881; Н. Чупин, 1873 (1); G. Rose, 1837, стр. 175 и сл.; 1842 (1); Арцруни, 1885, стр. 866 и сл.; М. Карпинский, 1840 (1); К. Кулибин, 1887, стр. 201 и сл.; А. Карпинский, 1897 (литература).

[2] Вернадский, 1897 (2), стр. 21—26.

[3] В самой верхней «сухарной руде» (XVIII век) на 1 т приходилось 0,5—1,5 кг Au; в Преображенском руднике, в верхних его частях, около 340 г, в нижних — 10,6 г золота. См. Н. Чупин, 1873 (1), стр. 99, 104. Повидимому, увеличение содержания Au отчасти является следствием того, что многие части породы унесены (например, в «сухарной руде» из FeS_2 осталась только часть S). В пустотах, оставшихся от пирита, нередко золото скопляется массами, и раньше находили как бы ноздреватые псевдоморфозы золота по пириту; при разрушении айкинита выделяется волосатое золото. В «сухарной руде» золото находилось иногда в виде порошка. О ней см. еще Паллас, 1786, стр. 216.

[4] Lindgren, 1903, стр. 801; 1913, стр. 529. Линдгрен различает три типа кварцевых жил:

1. Глубинные — образовавшиеся при высоких температурах, содержащие турмалин, апатит, гранат, биотит, роговую обманку. Такие жилы встречены в докембрийских и древнепалеозойских породах Америки: в Аппалачах — от Мэриленда до Алабамы, в Онтарио, Квебеке, Южной Дакоте, Новой Мексике, Бразилии. Об Южных Аппалачах см. G. Becker, 1895, стр. 250; McCasney, 1908, стр. 36. Частью заполнение трещин, частью замещение в сильно измененных кристаллических сланцах. Жильное тело — стекловатый полупрозрачный кварц: золото, пирит, арсенопирит, пирротин, молибденит и т. д. (Lindgren, 1913, стр. 634). Ср. о них Lindgren a. Graton, 1906. Связаны с гранитами. В сущности, это могут быть и нижние части обычных золотоносных жил? Очевидно, к этому типу относится Березовск. О докембрийских областях Бразилии см. Derby, 1903, стр. 282; 1911, стр. 185.

2. Поверхностные — образовавшиеся при температуре, не очень сильно отличаю-

Очень ясно первый тип выражен в некоторых золотых рудниках Урала — в Березовске и Невьянске. В Березовске[1] (рис. 55) своеобразные коренные месторождения были открыты в 1748 г. и с тех пор непрерывно разрабатываются. Здесь на пространстве 64 км[2] тальково-хлоритовые сланцы прорезаны дайками березита — мелкозернистого гранита, местами переходящего в грейзен (мощностью от 2 до 40 м). Их известно до 125; они идут почти в меридиональном направлении; самые длинные — до 7 км (рис. 55). Перпендикулярно к своему простиранию они пересекаются тонкими кварцевыми, иногда охристыми жилами (редко до 1 м мощностью), заключающими золото вместе с айкинитом, пиритом, халькопиритом, галенитом, местами с хромовыми соединениями[2] и т. д. Эти «жилы» обыкновенно не выходят из березита. Золото очень обычно не только в кварцевых жилах, но и в зальбандах; оно встречено и в березите. В пирите, массами скопленном в березите, оно находится в значительном количестве. Чрезвычайно характерно изменение окружающих пород; это изменение привело к образованию лиственита — породы, в которой наряду с магнезиальными силикатами (тальком) и алюмосиликатами (серицитом) выделилась окись железа (гематит) и карбонаты (брейннерит, доломит и т. п.). Золото в Березовске выделилось в самородном состоянии вторичными процессами, почему его заметно больше в верхних горизонтах[3]. Первоначально оно скопилось в пирите, айкините, галените; при их разрушении выпадало самородное золото, которое затем переносилось в водных растворах. Золотоносные жилы того же типа нередко наблюдаются на Южном и Среднем Урале (§ 153, 154).

Того же типа своеобразные кварцевые (местами богатые кальцитом и доломитом) жилы известны вдоль Тихоокеанского побережья Америки, они — большей частью мелового возраста. Золото находится здесь в свободном состоянии или сосредоточено в сернистых телах. Область этих жил[4] тянется на огромном протяжении от Мексики (в Нижней Калифор-

[1] Окладных, 1862, стр. 253 и сл.; А. Карпинский, 1881; Н. Чупин, 1873 (1); G. Rose, 1837, стр. 175 и сл.; 1842 (1); Арцруни, 1885, стр. 866 и сл.; М. Карпинский, 1840 (1); К. Кулибин, 1887, стр. 201 и сл.; А. Карпинский, 1897 (литература).

[2] Вернадский, 1897 (2), стр. 21—26.

[3] В самой верхней «сухарной руде» (XVIII век) на 1 т приходилось 0,5—1,5 кг Au; в Преображенском руднике, в верхних его частях, около 340 г, в нижних — 10,6 г золота. См. Н. Чупин, 1873 (1), стр. 99, 104. Повидимому, увеличение содержания Au отчасти является следствием того, что многие части породы унесены (например, в «сухарной руде» из FeS_2 осталась только часть S). В пустотах, оставшихся от пирита, нередко золото скопляется массами, и раньше находили как бы ноздреватые псевдоморфозы золота по пириту; при разрушении айкинита выделяется волосатое золото. В «сухарной руде» золото находилось иногда в виде порошка. О ней см. еще Паллас, 1786, стр. 216.

[4] Lindgren, 1903, стр. 801; 1913, стр. 529. Линдгрен различает три типа кварцевых жил:

1. Глубинные — образовавшиеся при высоких температурах, содержащие турмалин, апатит, гранат, биотит, роговую обманку. Такие жилы встречены в докембрийских и древнепалеозойских породах Америки: в Аппалачах — от Мэриленда до Алабамы, в Онтарио, Квебеке, Южной Дакоте, Новой Мексике, Бразилии. Об Южных Аппалачах см. G. Becker, 1895, стр. 250; McCasney, 1908, стр. 36. Частью заполнение трещин, частью замещение в сильно измененных кристаллических сланцах. Жильное тело — стекловатый полупрозрачный кварц: золото, пирит, арсенопирит, пирротин, молибденит и т. д. (Lindgren, 1913, стр. 634). Ср. о них Lindgren a. Graton, 1906. Связаны с гранитами. В сущности, это могут быть и нижние части обычных золотоносных жил? Очевидно, к этому типу относится Березовск. О докембрийских областях Бразилии см. Derby, 1903, стр. 282; 1911, стр. 185.

2. Поверхностные — образовавшиеся при температуре, не очень сильно отличаю-

нии, на 160 км от границы с Соединенными Штатами), через Калифорнию, в северную Калифорнию и в юго-западную и северо-восточную части Орегона и Айдахо. Затем можно видеть ее продолжение в Британской Колумбии (о-в Ванкувер), в Клондайке, около мыса Номэ на Аляске. Меловой возраст доказан в Калифорнии, мезозойский очень вероятен в Айдахо и Орегоне. В Британской Колумбии и Аляске возраст жил неясен. В связи с этими жилами находятся многочисленные россыпи (§ 125).

Несмотря на разнообразие этих жил, в общем можно заметить[1], что они расположены на контакте с тоналитами, причем во многих местах видно, что они образовались приблизительно одновременно с гранодиоритами (конец юрского или начало мелового периода). Здесь, так же как в Березовске, контакты подверглись резкому и характерному метаморфозу, очень напоминающему образование лиственита. Они превратились в смесь карбонатов (Ca и Mg), серицита, кварца, пирита и т. п. Этот процесс[2] находится в известной зависимости от породы, в которой пролегает жила, и серпентины, например, изменены наиболее сильно (на 9—12 м), образуя смесь кальцита, доломита, марипозита, пирита. Жилы в массе своей состоят главным образом из кварца. Золото большей частью сосредоточено в пирите, реже наблюдается в совершенно свободном состоянии, большей частью очень распыленное, но попадаются значительные скопления, даже самородки. Все другие минералы (теллуристые минералы, галенит, сфалерит, блеклая руда, флюорит и т. д.) относительно редки. Золото в жилах ясно наблюдается в определенных столбах обогащения. Вначале жилы (верхние части) были более богаты золотом; теперь они дают 5—35 г на тонну, главным образом в пиритах. Дальнейшего уменьшения количества золота с глубиной не наблюдается.

Другой тип контактовых жил, бедных карбонатами, наиболее ясен для некоторых метасоматических жил. Таковы многочисленные так называемые пропилитовые, третичные (большей частью миоценовые) кварцевые жилы Мексики и Северной Америки[3]. В этих жилах золото обычно находится вместе с серебром и серебряными соединениями. Оно сопровождается алюмосиликатами — эпидотом, хлоритом, каолином, серицитом. Наиболее сильно развиты такие жилы в Мексике — на западном склоне Сиерра-Мадре, в Аризоне и Новой Мексике.

118. Эти контактовые жилы имеют непрерывные переходы к обычным золотоносным жилам. В последних золото выделилось главным образом в кварце, образующем тело жилы; в значительно меньшем количестве в тело жилы входят углекислые соединения (кальцит, доломит, сидерит, бурый шпат), еще реже барит и флюорит.

Характер жильного кварца[4] чрезвычайно оригинален и не дозволяет

щейся от 100° С. Таковы кварцевые жилы, связанные с третичными лавами, например, Комсток.

3. Промежуточные — образовавшиеся при температуре 200—300°: Калифорния, восточная Австралия, ряд месторождений Северной Америки. Молочные зернистые кристаллы кварца, иногда друзовидные, с золотом и содержащими золото серпентиновыми минералами. Отсутствуют биотит, эпидот, магнезит, гранат, турмалин. Есть иногда альбит, хлориты (Lindgren, 1913, стр. 530).

[1] Ср. Lindgren, 1895, стр. 225; 1892, стр. 92; 1896, стр. 13; Turner, 1899, стр. 147—389; Pritchard, 1904, стр. 454; Kemp, 1900, стр. 361 и сл. (литература).

[2] См. Lindgren, 1895, стр. 233—234.

[3] Lindgren, 1903, стр. 804 и сл.

[4] О строении этого кварца см. Hauy, 1822, стр. 237; Belt, 1861, стр. 10; Courtis, 1890, стр. 639; R. Beck, 1903, стр. 297.

предполагать выделение его из обычных водных растворов. В этом кварце наблюдаются многочисленные трещины (рис. 56) и явления сдвига, указывающие на изменение объема, связанное с его перекристаллизацией. Иногда в этих трещинах выпадает тонкое золото. Кварц содержит включения жидкостей, иногда жидкой углекислоты, частью растворы хлористых и сернокислых солей. Повидимому, он выделялся под большим давлением, иногда при значительной температуре. Лишь в верхней части жил видны позднейшие процессы его перекристаллизации, связанные с явлениями выветривания.

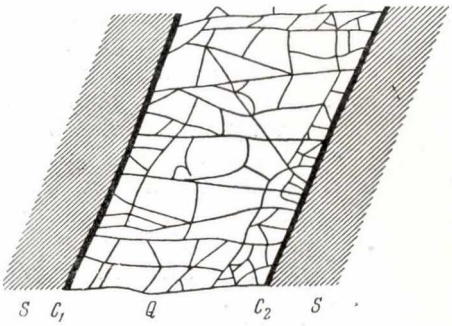


Рис. 56. Разрез кварцевой жилы в Виктории.

По Белту, 1861.
S — окружающая порода; C_1, C_2 — зальбанды; Q — кварц. Трещины обозначены тонкими линиями. Уменьшено

Среди кварцевых золотоносных жил мы не имеем обычных конкреционных жил. Здесь частью находятся пегматитовые кварцевые жилы (§ 114), частью своеобразные метасоматические. Породы около этих жил часто изменены, точно так же как минералы, находящиеся в жилах или в окружающих их стенках[1].

Кварцевые золотоносные жилы занимают нередко огромные пространства. Так, например, знаменитая жила Мозер-Лод в Калифорнии[2] тянется почти без перерыва по крайней мере на пространстве 180 км (от графства Марипозы до графства Эльдорадо) и выделяется в некоторых местах в виде белой кварцевой стены в общем рельефе страны; мощность ее 1,8—18,3 м. Кварцевые жилы иногда не имеют формы правильных жил, а представляют как бы чечевицы-штоки или даже слои (пласты) среди не заключающих золота пород, находящиеся в тесной зависимости от характера их разлома. Так, например, в Аллеганских горах и в Южной Африке известны чечевицеобразные включения кварца, содержащего пирит, богатый золотом[3]; таковы же слоистые «жилы» Бендиго в Австралии[4]. Того же типа, повидимому, и коренные месторождения Клондайка в Канаде, давшие столь знаменитые недавно россыпи. Золото находится здесь в чечевицеобразных включениях и прожилках кварца, в метаморфизованных серицитовых, частью хлоритовых сланцах (происшедших из плутонических пород) так называемой клондайкской серии[5].

В этих случаях тип простых кварцевых жил, связанных с трещинами, дает все переходы в контактовые жилы.

Обыкновенно в какой-нибудь местности наблюдаются целые сети трещин или жил, образующих жильное поле, причем все жилы одного

---

[1] См. любопытные указания у Lindgren, 1907, стр. 113 и сл.

[2] См. Tarr, 1894, стр. 150; Fairbanks, 1891, стр. 209; Kemp, 1900, стр. 369; Ries, 1905, стр. 333. Генезис этой жилы вызывал разные теории. Повидимому, мы имеем здесь целую систему жил, очень сжатых, а не одну жилу.

[3] См. Schmeisser, 1895 (1), стр. 33 (Сутерленд).

[4] Babu, 1896, стр. 329; Rickard, 1892, стр. 463; 1893, стр. 686; 1894 (1), стр. 289; R. Beck, 1903, стр. 305; Pritchard, 1904, стр. 454 и сл.

[5] G. Nordenskiöld, 1899 (2), стр. 81; Mac Connell, 1905, стр. 62. Богданович, 1901 (1), стр. 57 и сл.; Mac Lean, 1915.

возраста являются золотосодержащими. В Виктории, в Австралии, разрабатывалось до 1890 г. около 3000 кварцевых золотоносных жил, не считая выработанных и незначительных. Эти жилы прорезают осадочные силурийские породы[1]. Мощность этих жил очень различна; некоторые из них достигают немногих сантиметров, иные — десятков метров; преобладают жилы до 1 м мощностью. Они тянутся на недоступную нам глубину, иногда соединяются вместе, разветвляются, дают местные сужения и расширения и т. п. Эти жилы находятся в известной генетической связи с диоритовыми породами. Золото большей частью мелкое, не видное глазу. Изредка попадаются кристаллы (ср. § 107).

В России такую же область кварцевых жил в разрушенных гранитных породах или в связи с ними представляет так называемая Качкарская система на Южном Урале, являющаяся в настоящее время одним из самых богатых уральских коренных золотых месторождений (§ 155).

Многочисленные области подобных кварцевых жил рассеяны по всему земному шару.

119. В жилах золото в самородном состоянии, несомненно, находится лишь в верхних их частях, переработанных атмосферными водами[2]. Оно наблюдается здесь изредка в виде самородков (§ 107)[3], гораздо чаще в виде дендритов, волос, кристаллических многогранников[4], налетов, пластинок, нередко «пыли», не видной глазу. Около кислородной поверхности (§ 14) обычно наблюдается обогащение видимым самородным золотом.

Книзу оно сосредоточивается в различных сернистых, мышьяковистых, сурьмянистых и тому подобных соединениях — главным образом в пирите, арсенопирите, сульфосолях серебра, меди, свинца — и находится там иногда в состоянии, не извлекаемом амальгамацией, т. е., вероятно, не в самородном состоянии (ср. § 120). При разрушении этих первичных соединений золото кристаллизуется; в тесной связи с этим получается его своеобразный парагенезис — оно сопровождается здесь характерными продуктами коры выветривания: кварцем и халцедоном, кислородными соединениями меди и свинца, гидратами окисей железа и марганца и т. д. Эта перекристаллизация золота нередко идет в твердом виде, является, как высказал Д. Соколов (1826, стр. 24), «сухой кристаллизацией», т. е. золото не переходит при этом предварительно ни в жидкое, ни в газообразное состояние; происходит процесс, может быть, связанный с гальваническими токами. Таково, например, образование нитей золота из кристаллов айкинита в Березовске.

Золото концентрируется в жилах неравномерно. Очень часто за пределами современной коры выветривания книзу жила вообще бед-

---

[1] Ср. об этих месторождениях: Fuchs et De Launay, 1893 (2), стр. 913—915; Belt, 1861; Schmeisser, 1897, стр. 61 и сл.; Suess, 1877, стр. 280 и сл. Возраст этих жил неясен. Вероятно, они очень древни — до каменноугольного возраста. Ср. Ferguson, 1900, стр. 120. Общий очерк золотых месторождений Виктории см. Jenner, 1921, стр. 79 и сл.

[2] Это ясно высказал уже Брейтгаупт; см. Breithaupt, 1849, стр. 150.

[3] О самородках золота в жилах Преображенского рудника на Урале см. М. Карпинский, 1840 (2), стр. 212. Значительные скопления золота в кварцевых жилах выше водной поверхности в Калифорнии см. Rickard, 1902, стр. 214.

[4] Наблюдения Ливерсиджа для австралийского золота указывают, что кристаллы главным образом выделяются в пустотах или в жилах, содержащих не кварц, а кальцит; см. Liversidge, 1893, стр. 287.

нее золотом[1], по крайней мере — извлекаемым обычными приемами. Но и в тех пределах жилы, где оно находится в самородном состоянии, оно рассеяно неравномерно: в вертикальном направлении чередуются столбы, части жилы, богатые золотом, с частями пустыми и бедными, в тесной зависимости от циркуляции тех вод, которые выделяли золото. Эти обогащенные золотом участки жилы параллельны между собою. Очень часто они сосредоточены на пересечении жил разного состава и направления. Это все явления, характерные для новообразований области коры выветривания[2].

Количество золота, собранного в одной и той же жиле, может иногда достигать огромных размеров — так, например, из жилы Комсток в Неваде с 1859 по 1891 г. (когда разработка была прекращена из-за высокой температуры и уменьшения количества золота) добыто золота (электрума) на 280 млн. рублей[3].

120. Выяснившееся повсеместное вторичное образование или по крайней мере вторичная концентрация золота в верхних частях жил невольно заставляет искать те формы, в каких оно попадает в жилы. Мы не можем решить вполне определенно этот вопрос и не знаем даже, находится ли золото в нижних частях жил в виде каких-нибудь определенных химических соединений или оно рассеяно в них в самородном состоянии, в виде тончайшей мути. В этом последнем случае приходится допустить, что эта муть входит в состав физической смеси некоторых из соединений жил[4].

Как бы то ни было, несомненно, что во всех трех типах жильных месторождений золото всегда находится в известной зависимости от массивных пород, которые обыкновенно выходят поблизости от жил. Даже если эти выходы непосредственно нельзя наблюдать, можно всегда заметить, что жильное самородное золото находится в определенном постоянном генетическом парагенезисе с небольшим комплексом минералов, связанных так или иначе с магматическими процессами[5].

Связь золотоносных жил с выходами массивных пород была уже констатирована Эли де Бомоном[6], указавшим на связь их с гранитом; позже подчеркнута была Белтом[7]. Само собой разумеется, что выделение золота из водных растворов в жилах нисколько не противоречит такому их происхождению, так как термы тесно связаны с магматическими массивами[8].

Наиболее характерен вызываемый этой связью парагенезис золота. Мы наблюдаем всюду постоянное одновременное нахождение в золото-

---

[1] См. Fuchs et De Launay, 1893 (2), стр. 885. Это вопрос невыясненный. См. Hauchecorne, 1894, стр. 5 (возражение Гошкорну Зюсса — Suess, 1894, стр. 531). Ср. также J. Phillips, 1896, стр. 640; R. Beck, 1903, стр. 303; Stelzner u. Bergeat, 1905—1906, стр. 596; Don, 1898, стр. 596 и сл.

[2] Впервые такое чередование было отмечено в 1850 г. Тринкером для Целля — см. Suess, 1877, стр. 103.

[3] Tarr, 1894, стр. 154 — 157.

[4] Такова, может быть, его форма концентрации в пирите. Золото в пирите из Трансвааля извлекается синеродистым кали, не действующим на пирит. Fuchs et Cumenge, 1879, стр. 588 (для Березовска). Ср. опыты А. Герасимова в предварительных отчетах по Лене, I—II, 1900—1901.

[5] Такой парагенезис тщательно отмечался еще в XVIII столетии; см., например, список спутников золота у В. Севергина (1798, стр. 58—59).

[6] Elie de Beaumont, 1847, стр. 1253.

[7] Belt, 1861, стр. 15.

[8] См. ряд примеров у Spurr, 1903 (2), стр. 316 и сл. — преимущественно в связи с кислыми породами. Есть неясные указания и на связь терм с основными породами.

носных жилах минералов, заключающих химические элементы, выделяемые в магмах в газообразных или парообразных соединениях. Этот парагенезис указывает на связь золота с фумарольными процессами магмы.

Среди таких минералов наиболее часты сернистые соединения железа и меди (пирит, халькопирит)[1] или мышьяковистые соединения железа (арсенопирит, лёллингит)[2]. В этих минералах золото сконцентрировано в нижних частях жил; наверху при их разрушении оно выделилось в самородном состоянии. Редки кварцевые жилы золота, где бы не наблюдались в значительном количестве те или иные из этих минералов и где бы они не были более богаты золотом, чем остальная масса жилы.

Не менее интересно и важно для выяснения парагенезиса золота сопутствие ему других, более редких минералов аналогичного происхождения[3]. Они все так или иначе связаны с массивными породами и, повидимому, являются продуктами, в них выделенными в связи с действием горячих вод и фумарольных процессов, т. е. относятся к пневматолитической стадии застывания магмы. Это соединения U, Bi, Sb, Te, B, может быть Cr, Co, C, Se. В разных местностях то те, то другие из них сопровождают золото; случаи их нахождения становятся все более частыми, по мере того как улучшаются приемы научного исследования.

Урановые минералы наблюдались с золотом в Калифорнии[4].

Висмутистые (висмуто-теллуровые), обыкновенно с медными соединениями[5], сопровождали золото в Березовске, Невьянске[6], Шилово-Исетске[7], в юго-западной Африке[8], Фалуни[9], в Бразилии (Моро-Вельо и др.)[10], в Оравице и Банате[11], в Куинсленде и Новом Южном Валлисе[12] и т. д. Наиболее обычны разные тетрадимиты.

С сурьмяными соединениями[13] золото находится в Чехии (Красная гора и Милешов) и в Магурке в Венгрии[14], Гольдкронахе в Фихтельгебирге[15], в Трансвааале в Селати (Мурчисоновых горах)[16], в Австралии[17], в Санта-Круц в Гондурасе[18], в Новой Шотландии — в графстве Гантс

---

[1] По мнению Де Лонэ, в халькопирите, главным образом в жилах, связанных с породами более основного типа; De Launay, 1897 (2), стр. 223. Едва ли это наблюдение выдерживает проверку фактами.

[2] Штельцнер и Бержа (Stelzner u. Bergeat, 1905—1906, стр. 623) считают такие жилы очень редкими, что, очевидно, неправильно.

[3] Перечисление, неполное, спутников золота см. Lock, 1882, стр. 838 и сл.; Pearce, 1889, стр. 238 и сл.; Louis, 1893 —1894, стр. 241 и сл.; Pittman, 1901 (2), стр. 67; Rickard, 1898, стр. 194; Lincoln, 1911, стр. 275 и сл. О нахождении золота в вольфрамовых соединениях (шеелите) в кварцевых жилах Поркупайн в Онтарио см. Burrows, 1913, стр. 126.

[4] Rickard, 1894 (2), стр. 329; 1902, стр. 215.

[5] Stelzner u. Bergeat, 1905—1906, стр. 630.

[6] Вернадский, 1907, стр. 27.

[7] Ненадкевич, 1907, стр. 83.

[8] Futterer, 1895, стр. 103.

[9] Törnebohm, 1894, стр 678.

[10] Hussak, 1898, стр. 348; Suess, 1877, стр. 97.

[11] Suess, 1877, стр. 87.

[12] Jack a. Etheridge, 1892, стр. 100 и сл.; Edgeworth David, 1891, стр. 104 и сл.

[13] Stelzner u. Bergeat, 1905—1906, стр. 627 и сл.

[14] Pošepny, 1895 (2), стр 165, 171.

[15] R. Beck, 1903, стр. 312.

[16] Bordeaux, 1898, стр. 98; Schmeisser, 1895 (2), стр. 33 (не видное глазу, до 550 г в 1 т антимонита).

[17] Edgeworth David, 1891, стр. 107.

[18] Об этом см. Van Hise, 1901, стр. 118; раньше — Rickard, 1894 (1)

и т. д. Число этих примеров легко могло бы быть увеличено. Всюду здесь золото выделилось с антимонитом. Иногда, однако, оно выпадает с другими сурьмяными соединениями; так, в Руби-Майн, около Бьютт в Монтане, золото выделилось в зоне обогащения жил одновременно с пираргиритом, в связи с риолитами[1].

С бором золото связано в Березовске[2], в Чили[3], в Минас-Жераис (Пассагем); бор сосредоточен здесь в турмалине[4]. Еще обычнее совместное нахождение с золотом теллуристых соединений[5].

Наконец, существуют признаки, заставляющие предполагать совместное выделение его с хромовыми[2], селеновыми[6] и кобальтовыми[7] минералами. В руднике Нечаянном, в вершине Джалинды в Забайкалье, в плоскостях напластования песчаника встречены селенистые соединения золота[8]. Нельзя не обратить внимания на частое нахождение золота с органическими веществами, которые, может быть, служат осадителями золота из водных растворов[9].

Для некоторых из этих элементов связь их с золотом нам теперь ясна, ибо они способны давать с ним соединения, и золото образуется в самородном состоянии их разложением; таковы Te, Bi и, может быть, иногда Se и Sb[10]. Но другие, например B, U, Co, Cr, указывают нам только на общее с ними магматическое происхождение жильного золота.

121. Тесная связь золотых месторождений с магматическими процессами невольно вызывает вопрос о возрасте выделений золота на земной поверхности. Ибо, несомненно, в истории земной коры были периоды более усиленной и более ослабленной вулканической деятельности, периоды большей и меньшей энергии магматических процессов. В непосредственной связи с этим были, очевидно, периоды приноса золота из глубинных магм и периоды приостановки его скопления на земной поверхности.

Идеи о возрасте золота выдвигались уже в XVIII веке, но вопрос этот только что начинает ставиться в науке[11]. Можно, кажется, отметить

---

[1] Weed, 1901, стр. 433.

[2] Вернадский, 1897 (2), стр. 21—26.

[3] Möricke, 1897, стр. 13.

[4] Hussak, 1898, стр. 349.

[5] Некоторые американские ученые, увлекаясь несомненными случаями образования золота из теллуристых минералов, переносят такой генезис на все самородное золото. См. Pearce, 1885, стр. 2. О связи с теллуристыми и висмутистыми соединениями см. Sharwood, 1911, стр. 23. О теллуристых соединениях золота см. ниже, в § 122, о сильваните и т. д.

[6] Elterlein, 1898, стр. 39. Связь с селеновыми минералами неясна. Возможно существование селеновых соединений золота (золото из Суматры?). Эта связь очень интересна, так как золото растворимо в селеновой кислоте. Об этой связи см. Krusch, 1907, стр. 132. Золото из Редьянг-Лебонг (южная Суматра) богато селеном; см. De Launay, 1906, стр. 552. О связи с селеном см. Sharwood, 1911, стр. 33. Возможна связь селена с серебром, спутником золота.

[7] R. Beck, 1903, стр. 315. Ochmichen, 1899, стр. 271—около Миддельбурга в Трансваале, в диабазовой жиле?

[8] Ненадкевич, 1922, стр. 9.

[9] Bourdariat, 1893—1894, стр. 39. О связи золота с углистыми телами (углеводородами?) в золотоносной области Витватерсранда см. Horwood, 1910, стр. 65.

[10] Для Sb см. соображения Fuchs et Cumenge, 1879, стр. 589.

[11] В этом отношении любопытны взгляды Д. Карстена (1768—1810). Он полагал, что золото вместе с оловом является на земной поверхности одним из древнейших металлов. См. D. Karsten, 1792 и 1803.

три довольно резко выраженных периода, когда золото выделялось в земной коре в тесной связи с выходами изверженных пород[1]:

1) Докембрийский (Норвегия, Канада, Бразилия, Центральная Африка, Отаго в Новой Зеландии и т. д.) — жилы и кварцевые выделения, содержащие Au, находятся в сильно метаморфизованных породах и в тесной с ними связи. Золото сосредоточено в пиритах, халькопиритах, арсенопиритах.

2) Палеозойский — в первый период палеозойского времени, в эпоху так называемой каледонской складчатости (Беммеле в Норвегии, графство Мерионет в Валлисе, Березовск на Урале, может быть Трансвааль, Австралия, Новая Зеландия, Центральная Франция и т. д.). Золото в кварцевых жилах связано с гранитными породами.

3) Третичный (Анды — особенно в Мексике и Калифорнии, Альпийско-Гималайская цепь, Аукленд в Новой Зеландии) — главным образом золотые жилы, богатые серебром, в очень кислых породах. Очень характерно и бросается в глаза отсутствие заметных выделений золота в эпоху герцинской складчатости.

Хотя мы не имеем в настоящее время возможности установить все эти отношения вполне точно, кажется все же несомненным, что в связи с горообразовательными процессами идет принос в земную кору отдельных элементов, в данном случае — золота (см. § 37). Повидимому, в истории нашей планеты существуют периоды, когда так или иначе усиливается выделение тех или иных соединений на ее поверхности. В настоящую эпоху нет заметного приноса золота (кроме теллуристых соединений?), и все его значительные скопления принадлежат к прежним геологическим периодам.

Однако этот несомненный факт может получить и иное толкование: очень возможно, что и теперь в более глубоких магматических батолитах идет выделение золота, не достигающего земной поверхности, так как нам доступны только отложения древних периодов, оказавшиеся на поверхности благодаря денудации и движениям земной коры.

Дальнейшие работы, может быть, осветят в связи с историческим характером выделений самородного золота и географию его месторождений. В ней мыслимы закономерности в тесной связи с историей горообразовательных периодов[2].

122. Первичные месторождения самородного золота дают начало другой группе — месторождениям вторичного характера. Эти месторождения можно разделить на три группы: 1) золото, выделяемое разложением химических соединений, аналогичное, может быть, самородному золоту верхних частей жил; 2) золото в россыпях; 3) золото в детритовых породах земной поверхности.

---

[1] См. об этом у De Launay, 1894, стр. 533; 1905, стр. 621 и сл.; 1907 (1), стр. 127—128. О возрасте золотых месторождений см. Maclaren, 1908, стр. 42; 1913, стр. 2. Он связывает самые древние докембрийские выделения с диабазовой магматической дифференциацией. См. у него примеры.

[2] Одно время считалось непреложным, что золото сосредоточено в странах жаркого климата, а железо — холодного. В космогонических теориях XVIII века факт бо́льшего богатства золотом и серебром экваториальных частей земного шара считался установленным. См. И. Герман, 1789 (2), стр. 430. В натурфилософской литературе начала XIX столетия подобные указания обычны. См., например, Treviranus, 1803, стр. 451. Тревиранус различает в этом отношении северное и южное полушария. О географии естественных продуктов см. Wisotzki, 1897, стр. 118; Вернадский, 1904 (2), стр. 9.

К первой группе относится золото, полученное разложением теллуристых и висмутистых его соединений. Такое золото, благодаря недавним находкам в Западной Австралии, явилось и для техники очень важным источником золота. В Австралии оно выделилось в форме чрезвычайно тонкого, необычайно характерного, мягкого моховидного матового порошка, почти химически чистого; оно образовалось распадением теллуристых соединений[1]. Оно выпало в верхних частях жил, содержащих сильванит и другие теллуристые минералы[2]. Это золото отличается от обычного золота и по цвету, более темному[3]. Оно получается, таким образом, в виде своеобразного химического осадка.

Аналогичное данному вторичное золото встречается и в других месторождениях теллуристых золотых руд, например в Колорадо, где попадаются даже ясные псевдоморфозы такого золота по сильваниту и креннериту[4]. Вторичное золото получается распадением висмутистых золотых руд, например, в Минас-Жераис[5].

123. Но главную массу вторичных месторождений золота составляют скопления его в породах, образовавшихся в значительной мере механическим путем[6].

При разрушении содержащих золото пород (§ 113) или жил (§ 115) самородное золото не изменяется; оно остается в песках или глинах, происшедших от такого разрушения. Вместе с тем здесь нередко даже образуется самородное золото благодаря выветриванию сернистых соединений, содержащих золото, например пирита (§ 119). Таким путем получаются два типа месторождений: или золото не скопляется в породах в значительных массах, или же порода обогащается им по сравнению с коренным месторождением золота.

Явление первого рода может идти в том случае, когда золото истирается механическими приемами до такой степени, что легко уносится всякого рода текучей водой[7] (может быть, переходит в «коллоидальные» растворы?) и при малом весе и особенностях формы (тонкие пластинки) не подчиняется законам отмучивания по удельному весу. Самородное золото собирается аналогичным путем и тогда, когда осадки образуются при условиях, исключающих сортирующую деятельность текучей воды, например в отложениях морских, наземных или озерных. В таких отложениях золото всегда находится в тонко размельченном, почти незримом состоянии. Этим путем получаются золотоносные осадочные породы, несомненно играющие крупную роль в истории золота на земной поверхности (§ 130).

---

[1] Hoover, 1899, стр. 762; Bankroft, 1899, стр. 91. Для Фачебая, так называемого «Spaniol»,—см. Semper, 1900, стр. 120.

[2] Schmeisser, 1897, стр. 103.

[3] Было бы очень интересно изучить кристаллическую форму этого золота. Не исключена возможность, что оно принадлежит к другой полиморфной разности золота.

[4] Pearce, 1885, стр. 3; Rickard, 1901, стр. 713.

[5] Hussak, 1898.

[6] Литература о золотоносных россыпях огромна. Кроме соответственных глав у J. Phillips, 1896, стр. 20 и сл. — Lock, 1882; Fuchs et De Launay, 1893 (2), стр. 949; R. Beck, 1903, стр. 638 и сл.; Stelzner u. Bergeat, 1906, стр. 1256 и сл. См. также Д. Соколов, 1823, стр. 165 и сл., 309 и сл.;1826, стр. 3 и сл. и М. Карпинский, 1840 (1).

[7] Прямые опыты показывают, что река, в которой идет золотоносная промывка, уносит в своих водах значительное количество золота в виде мути. Так, по опытам Лаговского, поверхностные воды р. Енашимо уносят таким путем в сутки до 15 кг золота. 1 м^3 воды заключал во взмученном состоянии, в виде пыли, 18 мг Au. По опытам Маркса, в береговом иле золота было еще больше.—Лаговский, 1889, стр. 431.

Месторождения второго рода наблюдаются, когда в разрушении осадочной породы участвуют текучие воды (дожди, реки, морской прибой, ручьи), ледники или ветер. Тогда происходит образование золотоносных россыпей, участков кластических пород, значительно обогащенных золотом. Россыпь, заключающая 0,00002% Au и даже меньше, нередко разрабатывается. «Богатство» россыпи, очевидно, колеблется в зависимости от экономических и исторических условий данной эпохи и местности.

124. Россыпи, являющиеся важным источником золота, могут быть разбиты на несколько типов в зависимости от их структуры и генезиса.

По структуре россыпи делятся на: 1) метаморфизованные или ископаемые россыпи, измененные позднейшими процессами, благодаря которым они нередко приобрели характер твердых пород — конгломератов — и потеряли обычную для них рыхлую консистенцию; это россыпи более или менее древние; 2) неизмененные или мало измененные современные и геологически новые россыпи.

Остановимся сперва на этих последних. Среди них можно, на основании генезиса, различить по крайней мере пять разных типов: 1) элювиальные, 2) аллювиальные, 3) морские, 4) эоловые и 5) дилювиальные россыпи. Из них только первые два типа россыпей имеют большое значение в практике и доставили человеку значительные количества золота.

Элювиальные россыпи образовались на месте, без механического переноса или с очень слабым механическим переносом породы. Они, с геологической точки зрения, представляют обыкновенный элювий. В этом элювии иногда собираются продукты разрушения горных пород, шедшего многие тысячелетия. Такие россыпи могут сконцентрировать золото из пород, чрезвычайно им бедных,— из осадочных, массивных или метаморфических пород, содержащих следы его. Таковы «увальные» россыпи Енисейской губ.[1] и некоторые Мариинского окр. Томской губ.[2]; самые богатые части этих довольно мощных россыпей (10—30 м мощности) теперь выработаны, и по самым условиям их генезиса не может быть надежды на разработку коренных золотых месторождений[3]. Такого же происхождения некоторые россыпи по сухим склонам и оврагам гор (овражный аллювий) Миасского окр.[4], Гороблагодатского окр.[5], Северной Америки, Борнео[6], Николо-Ивдельская россыпь на Северном Урале — из диабазов[7], россыпи по рекам Севагликону и Октолику в северной части Енисейского окр.[8]

В тропических и подтропических странах такие россыпи имеют особую форму — золото собирается в латеритах[9], например, на Мадагаскаре[10], в Гвиане[11] и т. д.

---

[1] Яворовский, 1896, стр. 384—385; Зайцев, 1892 (5), стр. 9.
[2] Зайцев, 1894, стр. 19—20.
[3] Кёппен, 1894, стр. 201—203.
[4] М. Карпинский, 1833, стр. 183; Н. Барбот де Марни, 1857, стр. 523.
[5] Зайцев, 1898 (4), стр. 13.
[6] Posewitz, 1889, стр. 251.
[7] См. Е. Федоров, 1894, стр. 86.
[8] Гофман, 1844 (2).
[9] О латеритовых россыпях см. Dubois, 1903, стр. 38 и сл.
[10] Lacroix, 1897, стр. 425.
[11] A. Levat, 1898, стр. 415—424.

Переход от этих россыпей к аллювиальным образуют так называемые поддерники — мелкие россыпи, очень обычные на Урале (особенно Южном)[1], которые находятся почти на месте своего происхождения, не переносились, состоят из остроребернных остатков окружающих пород, нередко из жильного кварца, и образовались в нагорных ложбинках, на покатостях холмов и т. п.[2] Другой тип россыпей, являющихся переходом от элювиальных к аллювиальным, представляют каньонные золотые россыпи, материал которых очень мало перенесен и которые выпадают в форме террасовых образований[3].

125. Аллювиальные россыпи образованы деятельностью текучих вод — ручьев, рек, потоков; материал более или менее перенесен с места своего образования (обыкновенно не очень далеко от коренной породы), сильно обогащен тяжелыми, твердыми и химически инертными телами. Внутри его можно заметить известную сортировку и различить в таком аллювии струи, более богатые золотом, в которых сосредоточиваются наиболее тяжелые частицы, переносившиеся водою[4].

В аллювиальных россыпях мы имеем почти всегда дело с уже закончившимся процессом, с рекой или ручьем, переставшим существовать, т. е. имеем дело с древним аллювием. Поэтому в строении такой россыпи отражается история реки, и в верхних ее слоях мы имеем обыкновенно покрышку, составленную нередко из торфа (обычного спутника древних аллювиев), образовавшегося при замирании реки (ср. § 79). Образуясь в связи с процессами жизни реки, эти россыпи приноровлены не только к ее современному ложу, но и к ее древним террасам. Можно различить поэтому очень разные типы аллювиальных россыпей. Аллювиальные россыпи золота развиты на Урале, в Калифорнии, Австралии, Сибири, Клондайке и т. д. и дали человеку огромное количество золота.

Возраст и мощность их очень различны. Иногда они относятся к другим геологическим периодам, приноровлены к совершенно иным условиям рельефа и распределения текучих вод; таковы третичные (миоценовые и плиоценовые) австралийские (в Виктории) россыпи, достигающие 50—75 м мощности. Здесь можно различить древние третичные (миоценовые, например конгломераты бассейна Ярры, и плиоценовые) и новейшие — послеплиоценовые россыпи[5]. Древние россыпи, аналогично калифорнийским, представляют системы речных долин, отличные от современных. Эти долины прикрыты базальтом, благодаря чему и сохранились нетронутыми. Новейшие россыпи большей частью лежат на высоких террасах современных рек. Россыпи Среднего Урала (Ревдинской, Шайтанской, Верхне-Тагильской и Нижне-Исетской дач) также древние — плейстоценовые; в них нередки остатки мамонта[6].

К плиоцену, может быть, относятся знаменитые золотые россыпи Калифорнии[7]. Эти россыпи образовались разрушением кварцевых жил (§ 117, 118). Они прикрыты местами мощными отложениями вулканических продуктов. Главная масса этих россыпей сосредоточена около

---

[1] М. Карпинский, 1840 (2), стр. 200—202.

[2] Они представляют довольно резко выраженную форму своеобразного горного или овражного аллювия.

[3] О таких россыпях в Бингем, Юта, см. Boutwell, 1903, стр. 119 и сл.

[4] В Австралии мощность золотоносного слоя 0,5—1,5м (Babu, 1896, стр. 436).

[5] Wolff, 1873, стр. 32 (литература); Babu, 1896, стр. 343 и сл.

[6] См. Зайцев, 1886, стр. 81.

[7] Bordeaux, 1902, стр. 220 и сл.; Stelzner u. Bergeat, 1905—1906.

Сиерра-Невады, в графствах Эльдорадо, Пласер, Невада, на запад от оз. Тахо. Те же самые россыпи можно проследить и на юг от этих графств — в графстве Калаверас и др. На севере, в графствах Сиерра, Юба и т. д., мы имеем значительное скопление россыпей того же типа. Все эти россыпи являются системой речных, аллювиальных россыпей, причем нет ничего общего между современной системой рек и системой золотоносных рек прежнего времени. Возраст их может быть определен лишь приблизительно. Находки остатков мастодонтов и других животных заставили Уитнея отнести эти россыпи к плиоцену, но очень возможно, что эти остатки находятся во вторичном месторождении, и россыпи относятся к четвертичной эпохе (по Ле Конту). Нанося эти россыпи на карту, мы получаем яркую картину географического распространения древних речных ложбин, заполненных россыпью. Строение этих россыпей очень характерно. Сверху лежит слой лавы и отвердевшего вулканического туфа. Состав этих вулканических покровов («цемент» россыпи) различен — сверху андезиты, снизу риолиты. Книзу вулканический туф переходит в конгломерат, сцементированный лимонитом. В конгломерате находятся валуны кварца, отчасти измененного контактом с лавой. Постепенно конгломерат изменяется и переслаивается с тонкой глиной (pipe clay). Золотосодержащим слоем является слой кварцевой (нередко заключающей золото) гальки и валунов; главная масса золота находится на дне, в постели россыпи, нередко состоящей из кварцевой жилы, сланцев, гранитов. Древняя река текла вдоль жилы. Ширина этих отложений очень различна (100—300 м). Мощность золотоносного гравия 20—70 м и более, но главную массу золота (1/5 — 1/2) дает нижний слой в 1—2 м. Иногда наблюдается несколько лавовых покровов и т. д. Каждая россыпь рисует в своем строении физико-географическую историю местности — в данном случае старинного речного бассейна, измененного вулканическими извержениями. Реки эти были извилисты, имели широкие долины, напоминая современные реки Кашмира и равнин Индостана. Их жизнь продолжалась и после конца вулканических извержений, и потому, несомненно, россыпи принадлежат к различным геологическим возрастам. Кое-где их отложения дали характерный конгломерат, напоминающий трансваальский (§ 129), например в графстве Сискию[1]. Современные реки прорыли глубокие ложа в древних вулканических отложениях и местами перерезали древний золотоносный аллювий.

Но аллювиальные россыпи постоянно образуются и теперь. Современные пески многих рек являются золотоносными — таковы Рион в Закавказье[2], Рейн[3] и его притоки, Эдер в Гессене и некоторые реки Тюрингии, Саксонии[4] и т. д. Пески этих рек служили (а иногда, как Рейн, служат до сих пор) золотыми россыпями, и золото добывалось большей частью кустарным образом (ср. рис. 59 на стр. 184). Золотоносность песка этих рек так же мало служит указателем существования в стране золотоносных жил, богатых коренных его месторождений, как это было указано и для элювиальных россыпей (§ 124). Золото Рейна происходит из кристаллических сланцев, вероятно кварцитов Альп. Добрэ, подвергнув эти кварциты измель-

[1] Bordeaux, 1902, стр. 240.
[2] Лебедев, 1890.
[3] Между Базелем и Маннгеймом. Daubrée, 1846, стр. 458—480; B. Neumann, 1903, стр. 977.
[4] Pošepny, 1895 (2), стр. 265 и сл. Золото добывалось до XVI столетия. Ср. у Brauns, 1903, стр. 71 и сл.

чению, получил золотинки, тождественные с рейнскими. Эти кварциты употребляются для мостовых Страсбурга, Базеля и т. п.[1] Реки приносят золото из огромного района, со всего своего бассейна, и получают его разрушением первичных или некоторых вторичных нахождений золота, понемногу его концентрируя. Этим объясняется ненадежность, с точки зрения золотоносности, того района, в реках которого добывается золото. Золото в реках Италии, Франции, Пиренейского полуострова было уже выработано в доисторическое время или во времена Римского государства и давно практически иссякло (см. § 138, 141). Если бы процесс накопления золота в этих речных наносах был предоставлен своему естественному течению и человек не извлек бы из них золото, этот процесс привел бы в конце концов к образованию бедных аллювиальных россыпей. В огромном большинстве случаев золото этих рек очень мелкое, истертое (например, для Рейна), напоминающее золото детритовых пород.

126. Морские (и береговые) россыпи золота образуются на морских берегах и на дне моря, около берегов[2] под влиянием морского прибоя и ветра. Повидимому, образование таких россыпей может наблюдаться только в областях, где существуют приливы и отливы[3]. Эти россыпи могут быть сколько-нибудь богаты исключительно в тех случаях, когда на берегах значительно развиты богатые золотые месторождения. Такие морские россыпи развиты местами на побережьях Квантунского полуострова[4], Новой Зеландии[5], Огненной Земли[6], на Коромандельском берегу[7], на побережьях Японии, Калифорнии, Орегона[8], Аляски[8], Австралии[9] и т. д.

Можно различить два типа этих морских россыпей: 1) находящиеся на берегу и 2) находящиеся на дне океанов. Процесс их образования зависит от соотношения между силой прибоя и отлагающей деятельностью рек. Золото в них большей частью мелкое, истертое, чрезвычайно тонкое. Эти россыпи тянутся узкой полосой в области приливов и отливов и прибоя морского берега. В значительной мере они состоят из черных песков, богатых магнетитом, ильменитом, титаномагнетитом.

Такие россыпи образовывались и раньше, в прежние геологические периоды; вследствие этого они теперь находятся иногда на суше, как бы в ископаемом состоянии, вдоль древних береговых линий[10]. В общей истории золота эти россыпи не играют большой роли (рис. 57).

Точно так же относительно менее распространены и два других типа золотоносных россыпей — эоловые и дилювиальные. Эоловые россыпи наблюдаются исключительно в пустынях и представляют тип элювиальных россыпей, переработанных ветром, который служит важным агентом и при получении морских россыпей. Такие россыпи наблюдались в последнее время в Западной Австралии — в Кульгарли и Кольгурла. Самые богатые золотом части россыпи лежат

[1] Daubrée, 1846, стр. 458—480.
[2] Аносов, 1864, стр. 538 и сл.
[3] Об этих россыпях см. Богданович, 1901 (1), стр. 83 и сл.; G. Becker, 1897, стр. 1 и сл.
[4] Пфаффиус, 1899, стр. 41; Богданович, 1900, стр. 215 и сл.
[5] C. Hintze, I, 1898, стр. 284.
[6] Альбов, 1899, стр. 152.
[7] Lodin, 1896, стр. 638.
[8] Богданович, 1901, стр. 83 и сл.
[9] Pittman, 1901 (1), стр. 8.
[10] Spurr, 1897, стр. 364.

на самой поверхности, а книзу россыпь обедняется золотом[1]. Золото добывают, провеивая песок (рис. 58).

127. Особый тип россыпей представляют дилювиальные россыпи. К сожалению, они мало изучены.

Можно различить здесь, во-первых, россыпи, связанные с ледниковым покровом, аналогичным гренландскому, образованные его деятельностью, главным образом переработкой поддонных моренных толщ текучими водами ледника, и, во-вторых, россыпи, связанные с альпийским типом ледников.

Рис. 57. Морская россыпь золота около р. Портедж на о-ве Кадьяк, Аляска.
По Г. Беккеру, 1898

Россыпи первого рода, обычно бедные золотом и в общем не достигающие мощных размеров, известны в разных местах европейского ледникового покрова: их наблюдали в средней России, в Московской[2] и других губерниях (§ 152), в Чехии, в Силезии[3]. Аналогичные россыпи известны и в ледниковых отложениях Северной Америки. Золото, в них наблюдаемое, очень мелко и, может быть, образовалось на месте разрушением золотосодержащих колчеданов[4] или разрушением пород, заключавших самородное золото. Это золото перенесено ледником, нередко за сотни и тысячи верст, к месту своего теперешнего залегания.

Россыпи второго рода, повидимому, иногда достигают значительных размеров. Таково, например, наиболее вероятное происхождение доволь-

---

[1] Rickard, 1899, стр. 497 и сл.; Hoover, 1899, стр. 762. Должно быть, прежде аналогичные россыпи существовали в Нубии (ср. § 138).

[2] Лури, 1904. Такого происхождения должно быть и золото в речном песке на Оке, у Мурома, указываемое старинными авторами. См. Севергин, 1791, стр. 59.

[3] Около Лигница; см. C. Hintze, I, 1898, стр. 244.

[4] Ср. Любарский, 1828 (1), стр. 130 (для Тверской губ.).

но богатых россыпей Горной Бухары и Туркестана[1]. Здесь древние — эоценовые — аллювиальные золотоносные россыпи позже переработаны ледниками и обогатились золотом благодаря такой вторичной сортировке. Деятельностью ледников образованы на восточных отрогах Дарвазских гор — на сотни верст — мощные отложения своеобразных «ледниковых конгломератов» (поддонные морены?), содержащих золото. В отличие от аллювиальных россыпей, в этих конгломератах мы не видим правильной сортировки; в них нет обогащения к основанию конгломерата, золото сосредоточено в верхней части, где рыхлые конгломераты образовались из разрушенных аллювиальных третичных слоев. Золото и здесь очень мелкое и истертое. Конгломерат сам по себе беден золотом, но позднейшим размыванием — в ложбинах современных речек и ручьев — образуются более богатые золотом россыпи, связанные с третьей переработкой первичных отложений[2]. Россыпи второго типа, переработанные реками и отчасти морем, наблюдаются, повидимому, на Огненной Земле (§ 126)[3].

Рис. 58. Эоловая россыпь золота в Западной Австралии. Вейка золота.

По Риккарду, 1899

128. Количество золота, находящегося в россыпях, сильно колеблется. В россыпи, как и в жиле, есть места, более богатые (струи) и более бедные золотом. Как пример богатой россыпи можно привести Благовещенскую россыпь (система р. Онона, в Восточной Сибири), где с 1868 по 1894 г. довольно примитивными приемами, при неполной ее выработке и несомненной утайке (краже) золота, выработано его около 10 т (промыто свыше 40 млн. т песка)[4].

Форма золотинок россыпи до сих пор не обращала на себя серьезного внимания, хотя, как показал Яворовский (1900 (2), стр. 387 и сл.) для Зейского района, ее изучение может дать нам понятие о генезисе золота. Эта форма зависит: 1) от характера выделений самородного золота в

---

[1] A. Levat, 1902 (2), стр. 439; 1903, стр. 198. О конгломератах Бухары см. еще Вебер, 1913, стр. 26 и сл.

[2] Есть и другие типы россыпей. Так, особую форму россыпей представляют подвижные золотоносные россыпи Новой Зеландии. Они ежегодно образуются после весеннего таяния снега и сносятся с гор водами, в зависимости от климатических условий года — в различных количествах; см. C. Hintze, I, 1898. Точно так же отдельно должны быть поставлены пловучие россыпи золота. Так, в Гороблагодатском округе на Урале, по рекам Кедровке, Серебрянке и др., встречены россыпи, где золото находилось в «жидели» — в пловучей, полужидкой глине; см. Архипов, 1833, стр. 328—329.

[3] О них см. Pöhlmann, 1899, стр. 307; Stappenbeck, 1910, стр. 72.

[4] A. Levat, 1897 (1), стр. 33 и сл.

породе, 2) от механического истирания его при образовании россыпи и 3) от дальнейшей перекристаллизации или от химического изменения золота в россыпи. В элювиальных россыпях вторая причина почти не действует: здесь мы видим нередко почти необтертые кристаллы или конкреционные образования золота. В россыпях, связанных с сильным механическим истиранием, золотинки принимают пластинчатый вид, в связи с той формой равновесия, какая свойственна золоту при перетирании. Как только истирание прекратится, начинает действовать третья причина, может быть имеющая гораздо большее значение, чем то, какое придают ей при изучении форм самородного золота.

Золото, попав в россыпь, не остается без изменения. Несомненно, оно химически переносится в ней так или иначе с места на место (§ 112). Так, например, золото в древних калифорнийских россыпях находится в пиритах, покрывающих стволы деревьев, попавших в синие конгломераты, образующие россыпь[1]; оно открыто в деревянных закрепах, долго пролежавших в россыпях, точно так же большей частью во вновь образовавшихся пиритах. До сих пор не может считаться окончательно выясненным[2], не выпадает ли часть золота в россыпях из раствора в проникающих россыпь водах[3] и не увеличиваются ли золотые самородки за счет такого золота[4]. Едва ли можно сомневаться, что такие процессы идут в россыпях, но какое они имеют значение — неизвестно.

В тесной связи с новообразованием золота в россыпях находится другой вопрос, поставленный уже практиками старого времени, но который, к сожалению, все еще не решен до сих пор ни в ту, ни в другую сторону[5]. Было высказываемо мнение, что россыпное золото чище, т. е. беднее серебром, чем жильное золото, и уже в 1794 г. Фихтель[6] объяснял это тем, что серебро уносится водами в виде хлористого серебра. Возможно, что по той же причине и самородное серебро (§ 135) встречается в россыпях реже, чем золото.

Для россыпного золота его проба колеблется от 500 до 999; для жильного золота обычно от 500 до 850 (проба 997—999 исключена). В Калифорнии россыпное золото (третичное) с пробой 930 — 950, жильное — 850, что объясняется растворением серебра[7]. В самородках Клондайка наружная корка содержит на 5—7% меньше серебра[8]. В жильных месторождениях иногда проба золота достигает 900 (в карманах), обычно средняя 800 и редко 700. Для рудника Сан-Гисепп, около Сокары, 990[9].

Увеличение и перекристаллизация золота наблюдались в латеритах и элювиальных россыпях Мадагаскара[10].

---

[1] Ньюберри, 1882, стр. 338.

[2] Сводка работ до 1880 г. у Lock, 1892, стр. 746; позже — C. Hintze, I, 1898, стр. 241.

[3] Genth, 1859, стр. 255.

[4] Selvyn, 1860, стр. 146.

[5] Stelzner u. Bergeat, 1905—1906, стр. 1266.

[6] См. сводку данных у Elterlein, 1898, стр. 36, 10 и сл. См. Д. Соколов 1826, стр. 19—20. Соколов для Урала указывает, что: 1) россыпное золото, происходящее главным образом из верхов жил, богаче современного жильного, отвечающего хвостам прежних жил; 2) золото жил произошло разложением пиритов; 3) Ag и Cu в золоте россыпей удалились благодаря действию солянокислых солей и, может быть, H_2SO_4, происшедшей от разрушения пиритов.

[7] Lindgren, 1901, стр. 637; 1911, № 73; 1913, стр. 211; Devereux, 1882, стр. 465; Browne, 1895, стр. 100.

[8] Mac Connell, 1907, стр. 979.

[9] Lindgren, 1913, стр. 538.

[10] См. Lacroix, 1922 (2), стр. 27—28.

129. Хотя для нас совершенно скрыты, таким образом, изменения, которые с течением времени происходят в россыпях,— нельзя сомневаться, что в них идут разнообразные химические процессы. Они приводят в конце концов к превращению россыпи в твердую кластическую породу, в конгломерат. Получается метаморфизованная или ископаемая россыпь[1].

Цемент, который связывает такую россыпь, имеет различный состав и происхождение. В простых случаях, например в некоторых приисках Восточной Сибири, в Нерчинском округе, в системе р. Газимур, древние россыпи сцементированы ископаемым льдом[2].

Генезис бухарских конгломератов неясен. В. Вебер (1910, стр. 664) считает, что они связаны с речными выносами, мощность которых увеличивалась благодаря тектоническим движениям местности.

Но большей частью цемент состоит из кремнезема или его соединений (реже из углекислой извести). Таковы древние россыпи Новой Зеландии, кембрийские из Черных гор в Северной Америке[3], каменноугольные россыпи в Новом Южном Валлисе[4] и т. д. Из всех этих россыпей наибольшее значение приобрели знаменитые витватерсрандские конгломераты Южной Африки, открытые в 1883 г. Струбеном и давшие колоссальное количество золота[5]. Здесь золото содержится в древних, может быть палеозойских пластах конгломерата. Относительно богатые золотом конгломераты, сильно нарушенные в своем залегании, прослежены на протяжении более 70 км. Мощный слой конгломерата может быть разделен на несколько отделов, имеющих форму выклинивающихся чечевиц, не содержащих золота и более богатых золотом (золотосодержащими являются главным образом различные слои Мейн-Риф). В общем разработка золотоносных слоев может идти правильно, подобно тому, как идет разработка каменноугольных пластов. Цемент, в котором содержится золото, состоит главным образом из кварца, но содержит марказит, пирит, хлорит, серицит, мусковит, только изредка рутил, циркон, корунд, хлоритоид. Очень любопытно большое количество заключенного в нем углистого вещества, в непосредственной связи с которым часто выпадало и золото[6]. Характер цемента ясно

---

[1] Существование ископаемых россыпей было указано в 1867 г. Пошепным; см. Pošepny, 1895 (1) стр. 314 и сл.; 1895 (2), стр. 480; J. Phillips, 1896, стр. 24; J. Irving, 1904 (1), стр. 132.

[2] См. A. Levat, 1897 (1), стр. 153.

[3] О золотоносных конгломератах Черных гор см. подробное описание Ирвинга и Эммонса — J. Irving, 1904 (2), стр. 98 и сл.

[4] Lodin, 1896, стр. 637.

[5] О Витватерсранде см. Hatch a. Chalmers, 1895, стр. 283; Hatch a. Corstorphine, 1905, стр. 33, 135, 147; Mellor, 1916; Hatch, 1911, стр. 202; Gregory, 1909, стр. 118; R. Beck, 1906, стр. 209; 1909, стр. 183.

С 1887 по 1911 г. эти конгломераты дали более чем на 1,5 млрд. долларов золота, т. е. больше, чем вся Калифорния с 1848 г. (Lindgren, 1913, стр. 219—220). Работают глубже 1,5 км. Должно быть, кембрий или докембрий серии Мейн-Риф в верху витватерсрандской свиты. Мейн-Риф 1,2 м мощностью. Мейн-Риф-Ледер 0,6 м мощностью отделен от Мейн-Риф слоем кварцита (6,1 м). Он наиболее богат. Вопрос о происхождении неясен.

[6] См. еще F. Voit, 1908 (1), стр. 181; J. Kunz, 1908, стр. 172; R. Young, 1909, стр. 82. Фойт связывает вторичное выпадение золота с действием органических веществ. Золотосодержащий марказит в цементе выпадал во время образования конгломерата. По Юнгу, золото происходит из массивных пород; содержащий его пирит осаждался на титанистом железняке, находившемся в разрушенных породах. Аналогичны данным и некоторые месторождения Западной Африки (Тарква-Банкет). См. R. Stokes, 1908, стр. 362.

указывает на метаморфизацию конгломерата. Золото большей частью не видно глазу, иногда видно в микроскоп, очень часто сконцентрировано в пирите и марказите. Характерно, что оно находится главным образом в цементе, реже в кварцевых гальках. В общем, среднее содержание золота строго выдерживается, неизменно в определенном горизонте конгломерата, по крайней мере для большей части бедных золотом, но мощно развитых конгломератов серии Мейн-Риф. Очень характерно сосредоточение золота исключительно в определенных горизонтах, указывающее как бы на его позднейшую инфильтрацию.

Генезис этого месторождения не вполне ясен. Вероятно, мы имеем здесь ископаемую россыпь (может быть, морскую прибрежную), но золото вполне или частью проникло в нее из растворов позже ее первоначального отложения; возможно, что мы имеем здесь дело просто с колоссальной ископаемой морской россыпью[1]. Аналогичные образования открыты в Родезии[2].

130. Образование россыпей составляет только одну из форм, в которых концентрируется золото при поверхностном разрушении золотосодержащих пород. В тонком и мелком раздроблении оно всегда собирается в кластических породах (§ 123), в песках и песчаниках, глинистых сланцах и глинах, в которых концентрируются и другие продукты выветривания. Этим объясняется нахождение золота в почве, в коксе и золе от сжигания каменных углей, например в каменных углях Южной Африки[3], в антрацитах из Будзейовиц в Чехии (до 6 г на 1 т)[4] и т. д. В песчаных отложениях пермских слоев в пределах Пермской губ. всюду находится ничтожное количество золота в виде чрезвычайно тонкой, мелкой, истертой пыли. Форма этих золотинок и их количество ясно указывают на их выпадение в водах, далеких от места генезиса золота[5]. Очень вероятно, что эти песчаные отложения пермского моря снесены на сотни верст и являются окончательной нам известной стадией разрушения древнего Уральского хребта[6].

Самородное золото обломочных пород, например очень часто—глинистых сланцев[7], может являться в свою очередь источником золота для образования других его месторождений, даже коренных (§ 113). С одной стороны, при геосинклиналях, в связанной с ними метаморфизации кластических пород, такое золото может собираться вновь в жилы или в массивные породы. Вместе с тем на земной поверхности при дальнейшем разрушении глинистых сланцев и других осадочных пород, содержащих золото, могут образоваться россыпи элювиального или эолового типа. Вблизи таких россыпей — например в Енисейской тайге — нельзя найти никаких следов ни зол тоносных жил, ни массивных пород, которые

---

[1] Литература об этом месторождении огромна. См. Schmeisser, 1895 (2), стр. 33 и сл.; De Launay, 1902; 1896 (2); Hatch a. Chalmers, 1895; Pelikan, 1894, стр. 422; Lodin, 1896, стр. 637; Denny, 1897, стр. 65; G. Becker, 1898, стр. 197 и сл.; Hatch, 1898, стр. 81; Truscott, 1902; Penrose, 1907, стр. 735; Hatch a. Corstorphine, 1905, стр. 140 и сл. Взгляды на характер Витватерсрандского месторождения очень различны, и многие не считают его за ископаемую россыпь (например, Stelzner, 1894, стр. 580, Hatch a. Corstorphine, 1905). О связи этих конгломератов с вулканическими породами см. Krause 1897, стр. 14 и сл.

[2] Mennell, 1906, стр. 82.

[3] Schmeisser, 1895 (2).

[4] Pošepny, 1895 (2), стр. 219—220.

[5] Бегер, 1826 (3).

[6] См. Авдеев, 1850, стр. 89.

[7] Гофман, 1847, стр. 193 и сл.; Зайцев, 1892 (4), стр. 9 (приведена литература).

явились бы источником золота. Для происхождения россыпей приходится допускать элювиальное изменение мощных толщ осадочных пород, бедных золотом. При этих процессах чрезвычайно характерно истирание золота (§ 128, 34), ясно при этом выраженное[1].

К тому же типу месторождений относится нахождение золота в известняках и доломитах, куда оно попало, повидимому, из растворов, может быть концентрируясь в пиритах. Такие месторождения известны на Урале (§ 153), в Черных горах в Северной Америке и т. д.

Золото находится в каменной соли разных местностей[2].

Несомненно, значительная часть месторождений золота в метаморфических породах (§ 109,113) происходит изменением не массивных, а детритовых пород. Таково, например, золото кварцитов и кварцевых сланцев, разрушением которых образовались россыпи Золотого Берега Африки[3], составлявшие для местных негритянских племен предмет вековой разработки (§ 141).

Кремнистые руды Черных гор представляют любопытный пример метасоматического процесса. Отдельные участки кембрийских доломитов или магнезиальных известняков превращены в кварц, содержащий золото, в связи с тектоническими процессами. Кварц частью жильного происхождения. Вместе с золотом находятся барит, флюорит, урановая слюдка и т. д. Характер золота неясен; некоторые думают, что первичным телом являлся сильванит[4].

Тип метасоматических руд Черных гор должен быть выделен, как это делает Линдгрен (1913, стр. 550 и сл.). Его наблюдают в Кордильерах, где порфиры проникают в известковые породы.

При таком скоплении золота в поверхностном слое земной коры становится само собою понятным, что золото может собираться и в атмосферной пыли. И действительно, оно наблюдалось в пыли, например в Австралии. Для такого золота, аналогично тому, что указано для Fe-Ni, предполагалось и космическое его происхождение[5].

Изменение золота нам неизвестно (ср. § 34).

131. Электрум и медистое золото в земной коре. Месторождения электрума отличаются по парагенезису довольно резко от месторождений золота. Насколько можно теперь судить, эти месторождения тесно связаны исключительно с кислыми массивными породами и постоянно находятся в тесной связи с различными соединениями серебра и меди[6].

Электрум наблюдался как в россыпях (например, в южных отрогах Америкен-Форд в Калифорнии), так и в коренных месторождениях. Из коренных месторождений он известен только в жилах — как в обычных золотоносных жилах, так и в золотоносных штокверках.

Нахождение совместно с серебряными соединениями — аргентитом, блеклыми рудами, красной серебряной рудой, штромейеритом и т. п.— необыкновенно характерно для электрума, тогда как серебряные соединения относительно редко сопровождают золото, не связанное с элект-

[1] Очень любопытные наблюдения об этом см. М. Карпинский, 1840 (2), стр. 215—216.

[2] Liversidge, 1897 (2), стр. 298.

[3] Stelzner u. Bergeat, 1905—1906, p. 1268.

[4] J. Irving, 1904 (1), стр. 137; 1904 (2), стр. 111. О золоте в метаморфических сланцах Мадагаскара см. Lacroix, 1922, стр. 17 и сл.

[5] Liversidge, 1903, стр. 282 и сл. Ср. Suess, 1877, стр. 355.

[6] Уже Зюсс указал на связь между собой некоторых месторождений Au и Ag (Suess, 1877, стр. 96 и сл.; 1892, стр. 11 и сл.).

румом. Кварцевые жилы, содержащие электрум, повидимому, более богаты баритом и карбонатами, чем кварцевые жилы золота. Золото в глубоких частях таких жил частью содержится в сернистых соединениях серебра, частью в пиритах; повидимому, более богатый серебром электрум образуется в верхних частях жил из водных растворов, содержащих одновременно серебро и золото; поэтому в тех же жилах встречаются вместе с электрумом и самородные золото и серебро. Подобно тому, как это наблюдается для золота (§ 119), и для электрума приходится допускать выделение его в верхней части жил, лежащей в коре выветривания. Электрум жил образуется при низких температуре и давлении.

Среди жильных месторождений электрума любопытны богатые серебром алтайские месторождения — в Змеиногорском и Зыряновском рудниках. В Змеиногорске электрум выделился из водного раствора при взаимодействии притекавших извне содержавших золото растворов и сульфидов серебра[1]. Электрум заключен в кварцевых и роговиковых прожилках в сланцах; жилы кварца и роговика прорезаны всюду жилами барита; золото и главным образом электрум находятся в тесной связи с медным колчеданом, медным и серебряным блесками, штромейеритом.

К числу таких же жильных месторождений электрума относится знаменитая Комстокская жила[2] в Неваде, давшая с 1859 по 1891 г. 4820 т серебра и 214 т золота — одного золота более чем на 280 млн. рублей[3]. Это резко выраженная контактовая жила, содержавшая большое количество серебряных соединений (стефанита, серебряного блеска, полибазита, медного колчедана, богатого серебром) в кварцевых выделениях, на контакте с диоритом и андезитом. Электрум, повидимому, находился главным образом в железном колчедане, выделившемся на контакте.

Комстокская жила выработана до глубины 943 м, и дальнейшая разработка ее остановилась из-за технических трудностей, из-за встреченной высокой температуры. Но есть месторождения, дающие электрум непрерывно в течение веков, например, указанный раньше штокверк Вереспатак в Трансильвании, все время дающий большие количества электрума вместе с самородным золотом (ср. § 116).

Электрум изменяется значительно сильнее золота благодаря присутствию серебра — повидимому, давая на поверхности темные корки галоидных и сернистых соединений серебра, частью в свою очередь выделяющих тонкую пленку самородного серебра. Очень возможно, что и золото образуется этим путем из электрума в отдельных частных случаях.

На Мадагаскаре электрум встречается исключительно в жилах на границе кристаллических сланцев и осадочных пород. Золото самих сланцев и метаморфических пород высокой пробы[4].

132. Месторождения медистого золота, к сожалению, чрезвычайно мало изучены. Однако, на основании имеющихся данных, едва ли будет ошибочным заключение, что они всегда связаны с основными породами — часто серпентинами — и выделяются или на их контактах

---

[1] Пилипенко, 1915, стр. 325. Ср. также литературу § 172.

[2] Suess, 1877, стр. 128; 1892, стр. 67; G. Becker, 1882; Stelzner u. Bergeat, 1905—1906, стр. 675. Характерно, что как раз для этого золота у нас почти нет анализов. Обычно говорят о золоте Комстокской жилы, хотя все указывает на электрум. Даже в подробном исследовании Беккера природа золота точно не выяснена.

[3] Tarr, 1894, стр. 154—157; R. Beck, 1906, стр. 332 (по Фохту).

[4] Lacroix, 1922, стр. 7.

или в самой массе породы. Таково месторождение около Генуи (§ 105). Еще значительнее месторождение медистого золота на горе Карабаш, в Кыштымской даче; оно находится как на контакте с змеевиком жильной авгито-гранатовой породы, так и в самой породе. Вместе с золотом здесь находятся самородная медь, кальцит, хлорапатит, диопсид, магнетит и т.д.[1] Повидимому, мы имеем здесь дело или с выпадением (Au, Cu) из магмы или с пневматолитическими процессами, связанными с основными породами. Подобно тому как спутниками электрума являются серебряные минералы, спутником медистого золота бывает самородная медь.

133. Серебро и кюстелит в земной коре. Месторождения самородного серебра во многом резко отличны от нахождения золота и электрума[2]; лишь условия совместного нахождения самородного серебра с кюстелитом неразрывно связаны с только что рассмотренными типами золотых месторождений.

Среди таких месторождений серебра наиболее замечательным является Конгсбергское месторождение в Норвегии[3]. Здесь самородное серебро (иногда кюстелит) встречается в тонких жилах (известно более 500 жил мощностью 0,005 — 0,20 м); оно выделилось из растворов, главным образом с кальцитом, пропитанным органическими веществами, также с плавиком, кварцем, баритом, цинковой обманкой, свинцовым блеском. Жилы прорезают толщи «докембрийских сланцев» Конгсберга, большей частью превращенных в гнейсы. Эти гнейсы местами обогащены сернистыми и мышьяковистыми соединениями, т. е. образуют фальбанды. Однако эти фальбанды не могут считаться источниками серебра, так как оно находится в них только в слюдах (не более 0,0002—0,0004% Ag); но в жилах наблюдается скопление серебра вблизи фальбандов. Отдельные кристаллы серебряного блеска встречаются в жилах как величайшая редкость, но плотный серебряный блеск составляет приблизительно 5—10% всей конгсбергской серебряной руды[4]. Кроме того, из серебряных соединений в Конгсберге встречаются еще амальгамы. Изучение распределения самородного серебра в жилах показывает, что оно древнее сернистых соединений, содержащих серебро[5]. Количество серебра в этих рудах очень велико; так, Королевская копь с 1865 по 1885 г. давала 1 кг серебра на 3 т жильной породы[6]. На больших глубинах, которых достигали разработки (более 600 м), все в той же ассоциации находятся самородное серебро и кюстелит в тонких прожилках, не переходящие книзу в сернистые и мышьяковистые соединения. Такое необычайное (§ 134) нахождение серебряной руды давно вызывало недоумения; однако, как мы видим, это Конгсбергское месторождение мало отличается от месторождений электрума и должно быть одного с ними происхождения[7].

В 1903 г. открыто в Онтарио, в окрестностях вновь возникшего города Кобальта, мощное месторождение самородного серебра.

---

[1] А. Николаев, 1908, стр. 522.

[2] Общее см. Moesta, 1869; Suess, 1892; De Launay, 1896 (1).

[3] Münster, 1894; Fuchs et De Launay, 1893 (2), стр. 759; R. Beck, 1903, стр. 281; Vogt, 1899, стр. 113 и сл.; Hansteen, 1900.

[4] Münster, 1894, стр. 11 и сл., 39, 48; Vogt, 1899, стр. 113 и сл.

[5] По Чьерульфу и Даллю; см. Hansteen, 1900, стр. 64.

[6] Münster, 1894, стр. 46.

[7] Нахождение его на больших глубинах не противоречит фактам, наблюдаемым для многих месторождений золота. По мнению Фохта (Vogt, 1899), серебро в Конгсберге выделялось действием горячей воды на Ag_2S, в виде которого принесено серебро в жилы; по мнению Мюнстера, оно выпадало из растворов Ag_2CO_3, разложившихся действием электролиза (действием фальбандов); Münster, 1894, стр. 70 и сл., 80 и сл

Самородное серебро здесь, повидимому, первичного характера (в таком случае заключает всегда Hg и иногда Sb). Впечатление такое, что Hg находится в количестве до нескольких процентов (аналогично конгсбергскому), и неясно, не имеем ли мы здесь богатую серебром амальгаму. Золота совсем не находится или находятся только следы, открываемые в бульоне. Серебро наблюдается в кальцитовых, частью доломитовых жилах, прорезающих докембрийские породы и не переходящих в силурийские. Количество жил, имеющих практическое значение, превышает 100 (в 1912 г. — 115). Его приводят в связь с диабазами, наблюдаемыми в этих породах, хотя в диабазах почти никогда не наблюдаются жилы, богатые серебром, главным образом сосредоточенные в самых древних конгломератах, лежащих ниже диабаза. Серебро по трещинам проникает и в окружающие породы. Докембрийские породы местами прорезаны обычно узкими жилами, богатыми серебром, на значительном протяжении; известны и более мощные жилы. Могут разрабатываться, однако, легко, так как обычно узкие жилы скучены в породе. Чрезвычайно характерно совместное нахождение Ag с As, Co, Hg, Ni. В отличие от других месторождений серебра, очень характерно отхождение на второй план Cu, Pb, Au. Галенит очень редок, также не часты борнит (ковеллин?) и халькопирит. Лишь изредка встречается серебро в соединении с медью (блеклые руды, штромейерит). Главным минералом является смальтин, затем наблюдаются нередко никелин и брейтгауптит. Характерна редкость сернистых соединений (аргентит, штромейерит, красная серебряная руда, стефанит, фрейбергит) и сурьмянистых (дискразит). Вторичный характер этих тел, например дискразита или блеклой руды, по сравнению с самородным серебром неясен. Повидимому, часть их—одновременного образования с самородным серебром.

Серебро выделилось из водных растворов (из карбонатов, по Миллеру). На первичный характер самородного серебра указывает, между прочим, то, что серебро наблюдается с аргентитом в пустотах в виде вторичного серебра (главным образом, волосатое), не заключающего тогда ни Hg, ни Sb. Серебро образует значительные сростки-самородки, иногда пластины обычного, характерного для водных осадков древовидного срастания. Попадаются куски такого серебра во много килограммов весом. Очень своеобразную картину представляли выходы богатых серебром жил на поверхности отполированных льдом скал (например, еще теперь сохраняемые в руднике Роза).

Серебро не встречается очень глубоко от поверхности. Объясняют это тем, что водные серебряные растворы исходили из диабазов. Спускаясь из них по трещинам, они осаждались очень быстро на кобальтово-никелевых соединениях[1]. Объяснение это вызывает большие сомнения, так как очень нередко серебро находится совсем отдельно от кобальтовых соединений и образует большие сростки, совершенно лишенные соединений кобальта или никеля. Процесс является гораздо более сложным, что видно уже по тому, что одновременно с серебром осаждались его сернистые соединения и стибины. Повидимому, процесс далек от простого объяснения, даваемого Миллером.

Количество серебра, скопленного этим путем, было огромно и отразилось на мировой добыче серебра. С 1904 по 1912 г. здесь добыто не менее 4700 т самородного серебра, и в 1912 г. серебро из Кобальта состав-

---

[1] Об этом месторождении см. Miller, 1913 (1); 1913 (2), стр. 51 и сл.; Dulieux, 1910, стр. 335.

ляло около 13% мировой добычи серебра. Главная, подавляющая часть серебра в Кобальте добывалась из самородного серебра.

Повидимому, существуют месторождения самородного серебра в массивных породах. Они, к сожалению, не изучены. О серебре в фельзитовом порфире Бийского у. см. § 175. Того же типа должно быть серебро, найденное в пепле Котопахи и Тунгурагуа[1], если оно находится там в самородном состоянии, что не доказано. Кларк[2] допускает образование его из паров серебра, выделявшихся при вулканическом извержении.

134. Наиболее обычен и лучше изучен другой тип серебряных месторождений — вторичное выделение самородного серебра. Самородное серебро находится в этом случае в теснейшей связи с другими соединениями серебра; оно происходит их разложением при участии атмосферы и воды. Первичными исходными соединениями для такого серебра являются сульфосоли (главным образом красная серебряная руда, стефанит, отчасти блеклые руды и халькопирит) и сернистые соединения (серебряный блеск, серебряная чернь, свинцовый блеск), реже—теллуристые соединения, стибины и арсины[3], электрум.

В верхних частях месторождений все соединения серебра так или иначе приходят к трем типам минералов—самородному серебру, сернистому серебру (аргентиту и еще чаще к серебряной черни) и галоидным соединениям серебра. Процесс распадения серебряных соединений идет более или менее быстро; эти три типа серебряных минералов иногда находятся между собой в состоянии равновесия[4], но в конце концов преобладает самородное серебро. Поэтому в большем или в меньшем количестве самородное серебро будет встречено в верхних частях, вблизи земной поверхности, во всех месторождениях серебряных минералов, как в жильных, так и в осадочных. Этот тип генезиса самородного серебра был выяснен в блестящих работах Брейтгаупта в первой половине XIX века[5] и затем подтвержден изучением серебряных месторождений всего мира[6].

При начале разработки месторождений любых серебряных руд, не тронутых человеком, всегда находят самородное серебро, выделенное природными процессами и являющееся первой наиболее богатой серебряной рудой, почти не требующей обработки. Книзу оно более или менее быстро сменяется первичными типами серебряных соединений и затем встречается в немногих отдельных участках как минералогическая редкость. Так, во Фрейберге в Саксонии в первое время, в средние века, работали руду дудками на поверхности и находили самородное серебро в тесной смеси с роговым серебром (1170—1287 гг.). В это время оно

---

[1] Mallet, 1887 (2); 1890.

[2] F. Clarke, 1911 (1), стр. 258. О нахождении серебра в массивных породах см. F. Clarke, 1911 (1), стр. 619 и сл. Однако неясно, не находится ли оно при этом в значительной степени в самородном золоте или в сернистых телах.

[3] Обыкновенно разложением теллуристых соединений образуется самородное золото, но иногда серебро выделяется отдельно, например, из нагиагита (см. Fellenberg, 1860, стр. 174) в Нагиаге.

[4] Аналогичны указанным отношениям $Ag_2S \rightarrow Ag$ (§ 32) и отношения $AgCl \rightleftarrows Ag$ и $AgCl \rightleftarrows Ag_2S$. Это доказывается их взаимными псевдоморфозами. О них см. Blum, 1843—1879.

[5] Breithaupt, 1849, стр. 148—149.

[6] На то же самое указывают псевдоморфозы серебра по разным минералам. Такие псевдоморфозы (Blum, 1852, 1863, 1879; J. Roth, 1879, стр. 205, 260, 290) известны по кераргириту, бромистому серебру, пираргириту, аргентиту, пруститу, полибазиту, дискразиту.

было главной серебряной рудой[1]. В XVI столетии, когда начались разработки некоторых прирейнских месторождений галенита, наталкивались в них на значительные массы самородного серебра. Так, в 1539 г. около Маркирха в Эльзасе, в Юнггрубе Сент-Вильгельм, найдено самородное серебро весом в 150 кг, которое могло сразу идти в обработку; в 1581 г. в руднике Цур-Трейс в Клейнлеберау найдено самородное древовидное серебро в 592 кг весом и т. д.[2] В первые времена разработки европейцами серебряных рудников Перу, Чили и Мексики[3], в XVI—XVIII столетиях, богатейшие скопления такого серебра (иногда в мельчайшем раздробленном виде — pacos colorados и т. д.) долгое время поддерживали легенды о неимоверных богатствах Нового Света благородными металлами, но скоро и там самородное серебро явилось ничтожной по размерам частью серебряных руд. Оно встречалось и позже—огромными пластинами, например, одна из них в Ханарсильо весила 1420 кг[4]. В XVIII веке значительные массы самородного серебра, в несколько десятков килограммов весом (ср. рис. 52—53 на стр. 139), были найдены на Медвежьем острове в Архангельской губ. и вызвали было предпринимательскую горячку среди заправил бироновщины; но скоро и здесь богатые серебряные руды — самородное серебро (из свинцового блеска) — иссякли, и это дело замерло[5].

На Алтае часть серебра произошла распадением кераргирита. Его образование здесь шло частью прямым окислением аргентита, частью восстанавливающим действием сернокислых солей (главным образом железа) или органических веществ на растворы кислородных солей серебра[6].

135. Причина такого выделения самородного серебра на земной поверхности нам неизвестна. Повидимому, процесс его выделения связан с электрическими токами, столь обычными в поверхностных слоях земной коры. Как показал Беккерель[7], эти токи легко выделяют серебро из всех его соединений.

Серебро при этом переносится в растворах, в связи с органическими веществами, далеко от мест нахождения своих первичных соединений; так, во Фрейберге оно в виде «налетов» (цементного серебра) находится в верхних частях жил, в окружающих их породах, проникая в них по трещинам[8]. Особенно резко такая циркуляция серебра наблюдается в осадочных месторождениях; здесь оно иногда составляет цемент песчаников, например в Силвер-Риф в Юта[9]; в Гессене, во Франкенберге, в пехштейне оно сосредоточивается в кусочках дерева, являясь для них окаменяющим веществом[10].

Серебро выделяется из растворов своих солей кобальто-никелевыми

---

[1] H. Müller, 1901, стр. 3.
[2] Freise, 1907, стр. 6.
[3] Humboldt, 1827, стр. 164—165, 169.
[4] Domeyko, 1846, стр. 451 Ср. о руднике Батопилас в Новой Бискайе у Humboldt, 1827, стр. 164.
[5] Рожков, 1885, стр. 277. До передачи этих рудников бироновской компании (Шомбергу) добыто с 1734 по 1739 г. около 550 кг самородного серебра, преимущественно из элювиальных отложений.
[6] Пилипенко, 1915, стр. 332, 339.
[7] E. Becquerel, 1859. Ср. для серебра литературу у П. Чирвинского. 1906.
[8] H. Müller, 1901, стр. 157—158.
[9] Kemp, 1895, стр. 260—261.
[10] Lehmann, 1753, стр. 158 и сл.; М. Ломоносов, 1759, стр. 20; Werner, 1802, стр. 185; Bischof, 1863, стр. 183.
[11] Palmer a. Bastin, 1913.

минералами[11]. Так объясняет Миллер образование самородного серебра в Кобальте. Может быть серебро выделяется в растворах феррисульфатов, аналогично золоту (§ 112). По Стоксу[1]:

$$2Ag + Fe_2(SO_4)_3 \rightleftarrows Ag_2SO_4 + 2FeSO_4.$$

Серебро выделяется в рудниках и в историческое время. Не раз наблюдали его выпадение в деревянных скрепах и частях рудников, например в Потоси. В древних финикийских и римских шлаках в Гереpиас, в провинции Альмерии, образовавшихся вследствие неполной обработки серебряных руд, можно заметить новообразование самородного серебра, происшедшее в историческое время[2]. Для нас совершенно неясна картина происходящего здесь химического процесса и совершенно неизвестны те соединения, в виде которых переносится серебро водами, выделяясь затем в самородном состоянии.

Из всех этих месторождений самородное серебро попадает в р о с с ы п и. Однако в россыпях оно не сохраняется неизменным так долго, как золото. Отчасти благодаря этому, отчасти благодаря относительно малой цене серебра, человек не разрабатывает серебряных россыпей.

Но было бы ошибочно думать, что серебро менее обычно, чем золото, в верхних, рыхлых породах земной коры. Впечатление, нами получаемое, в сильной степени зависит от экономических условий от невыгодности разрабатывать россыпи серебра с тем его содержанием, которое окупается для золота. Местами встречаются золотые россыпи, очень богатые самородным серебром, например в Британской Колумбии, где находили в россыпях даже большие его самородки (особенно окр. Оменика)[3]. В былое время в Китае серебро добывали из россыпей[4].

136. Изменение серебра. Самородное серебро, в отличие от золота, не остается неизмененным. Обычно оно покрыто ч е р н о й п л е н к о й продуктов изменения под влиянием света или химических составных частей воздуха, например озона. Характер этих изменений неясен. Очень возможно, что этот черный налет состоит из соединений серебра — окисей[5] или гидратов. Но вполне допустимо, что этот тонкий слой состоит из самородного же серебра, выделенного из тех его соединений, которые образуются на земной поверхности, но затем распадаются, с выделением тонкой черной пленки вторичного металлического серебра. Эта пленка придает характерный матово-черный цвет самородному серебру, иногда покрывает его тонким налетом, дающим цвета желтого оттенка, похожие на золото[6].

Обычно образование этой пленки задерживает дальнейшее изменение серебра. Помимо этих реакций каталитического характера, ограничивающихся только поверхностным слоем, на земной поверхности, особенно если серебро находится в почве, в «земле», т. е. вне свободного доступа

[1] H. S t o k e s, 1906, стр. 649. О растворении серебра см. F. C l a r k e, 1911 (1), стр. 620 и сл.

[2] E. F r a a s, 1886, стр. 67.

[3] G. H o f f m a n n, 1890 (1), стр 23.

[4] M e l y, 1896, стр. 19, 159.

[5] Озон дает черную окраску серебряным предметам при обычной температуре, если на них присутствует переноситель активного кислорода, например соединения Fe_2O_3. Следовательно, осаждение пленки лимонита на Ag может вызвать почернение самородного серебра. Реакция эта ясно указывает на вероятность образования при этом — по крайней мере вначале — окиси серебра. О действии озона на серебро см. M a n c h o t u. K a m p s c h u l t e, 1907, стр. 2894.

[6] Очень может быть, мы имеем здесь дело с другой полиморфной разностью серебра, аналогичной изученным Кери Ли.

воздуха, оно претерпевает другие разнообразные изменения, из которых в настоящее время с точностью известны два, но несомненно существуют и другие.

Серебро изменяется и переходит в аргентит или серебряную чернь — Ag_2S — под влиянием воды, заключающей H_2S или сернистые щелочи, и в кераргирит — $AgCl$ — под влиянием растворов, заключающих $NaCl$ и другие хлористые соединения.

Оба эти процесса идут чрезвычайно часто в месторождениях самородного серебра, которое, как мы видели, нередко образуется в жилах (§ 134) из аргентита и других сернистых соединений. В жилах часто наблюдается значительное количество сернистых щелочей или H_2S в водном растворе и, следовательно, существуют условия, благоприятствующие изменению серебра. Как было указано раньше, этот процесс в целом ряде жильных местностей имеет характер равновесия и может быть выражен уравнением:

$$Ag_2S + H_2O \rightleftarrows O + 2Ag + H_2S.$$

Как видно из этой схемы, он идет в присутствии воздуха. Поэтому в жильных месторождениях, особенно около кислородной поверхности, мы нередко встречаем псевдоморфозы серебра по аргентиту, или наоборот. Повидимому, вначале выделяется серебряная чернь, являющаяся особой, полиморфной разностью Ag_2S и переходящая затем в аргентит.

137. Гораздо более обычен и идет в бóльших размерах другой процесс — превращение серебра в галоидные соединения, главным образом в кераргирит. Едва ли будет ошибочным высказать положение, что кераргирит — $AgCl$ — является в природе почти исключительно продуктом изменения самородного серебра. Образовавшийся этим путем кераргирит встречается иногда огромными массами, сотнями и тысячами тонн, является важной рудой на серебро.

Переход в кераргирит идет в значительной мере под влиянием почвенных вод. В сухих местностях хлор приносится ветром (в виде $NaCl$ из океанов); таково происхождение кераргиритов в некоторых месторождениях Новой Мексики[1].

Серебро, более или менее долго полежавшее в земле, покрывается пленкой кераргирита и в конце концов целиком в него переходит. Анализ древних серебряных изделий показывает, что они нередко состоят уже не из серебра, а из кераргирита. Поэтому серебро гораздо хуже золота сохраняется и в россыпях.

Изменение серебра происходит здесь под влиянием $NaCl$, однако реакция далеко не такая простая, как можно было бы думать с первого взгляда. Чрезвычайно характерно, что образующееся $AgCl$ очень часто уносится водами; приходится допустить существование гипотетической двойной соли $AgCl$ с $NaCl$, соли, растворимой в воде.[2] Принимая это во внимание, ход химической реакции, по Бертело, может быть выражен следующим уравнением:

$$2Ag + O + (n + 2)NaCl + CO_2 = 2AgCl \cdot nNaCl + Na_2CO_3,$$

причем реакция идет в водном растворе. Этим объясняется, например, то, что серебро и серебряные предметы не сохраняются в море, а постоянно

---

[1] Keyes, 1907, стр. 779.

[2] Бертело получил ее искусственно, но ближе не изучил (M. Berthelot, 1906 (1), стр. 49—50, 125).

переходят в раствор; в морской воде всегда находится небольшое количество серебра[1].

Но далеко не всегда образуется двойная соль; нередко идет образование непосредственно AgCl, причем многочисленные псевдоморфозы серебра по кераргириту и обратно (см. § 136) указывают, что мы имеем здесь более простую реакцию обратимого характера:

$$2Ag + 2NaCl + O + CO_2 \rightleftarrows 2AgCl + Na_2CO_3,$$

тоже идущую в водной среде. Это равновесие, как и для других соединений серебра, меняется под могущественным влиянием света (ср. § 22)[2].

Повидимому, на земной поверхности — при существующих условиях ее состава — устойчивой формой для серебра является не самородное серебро, а галоидные его соединения (AgCl, AgBr, AgJ), самородное же серебро выпадает как промежуточная стадия распадения сульфосоединений и не имеет широких рамок существования.

Кроме этих двух — несомненных — форм изменения серебра, вполне возможно, что оно при некоторых условиях переходит в водный раствор в виде каких-то других соединений — может быть, в виде коллоидального серебра, Ag_2SO_4 или Ag_2CO_3. Но эти соединения не могут считаться установленными.

138. История золота. Человек добыл и добывает огромные количества золота. Долгое время в истории этой добычи роль человека заключалась в концентрации самородного золота на земной поверхности, аналогично той работе, какую природа другими процессами производит в золотоносных россыпях. По существу, это была роль механического деятеля.

Однако уже давно к этой работе присоединилась работа химическая. Золото в природе, как мы знаем, главным образом находится в соединении с серебром и чистое золото встречается относительно редко. Около IV века до н. э. человек научился отделять серебро от золота. С этого времени[3] появляются химически чистые золотые изделия. Это относится по крайней мере ко всей культурной области народов Средиземного моря[4]. С этой эпохи началась новая работа, постоянно усиливающаяся.

Если мы примем во внимание только химически чистое золото, то, несомненно, — человек добывает его в настоящее время больше, чем сколько его всего накоплено природными процессами. Он переводит его затем в новые сплавы, в природе большей частью неизвестные.

Находящееся в свободном состоянии, иногда в виде больших самородков, яркое и блестящее, резко отличающееся от окружающих камней, золото давно бросилось в глаза человеку и обратило на себя его внимание. Знакомство с золотом идет в глубь веков и очень может быть, что это был первый металл, с которым ознакомился человек. В разных местностях Земли оно имело свою историю. Повидимому, независимо, в

---

[1] О нахождении серебра в воде океанов см. Krümmel, 1907; F. Clarke, 1911, стр. 111.

[2] Возможно здесь образование в некоторых случаях не AgCl, а Ag_mCl_n, более стойких и менее растворимых, чем AgCl (ср. M. Berthelot, 1906 (1), стр. 50). Как известно, характер действия света на AgCl неясен.

[3] M. Berthelot, 1906 (1), стр. 19.

[4] Однако тот же процесс, может быть, шел и в других частях земного шара. Так, есть указания, что древняя индийская (добуддийского периода) монета сперва состояла из электрума — см. Del Mar, 1902, стр. 10. Эти указания Дель Мара, повидимому, не подтверждаются данными индийской нумизматики. Мне неизвестны месторождения электрума в Индии.

разное время человека привлекал благородный металл и он научался употреблять его в своем быту. Испанские конквистадоры встретили его в руках полудиких племен Центральной и Северной Америки, куда оно проникло под влиянием культурных государств Южной и Центральной Америки, бывших независимыми в своем развитии от культурного круга Евразии.

Однако были области, где оно не было известно, — даже области, отличающиеся известной культурой. Так, оно не было известно во всей Полинезии, хотя в Новой Зеландии находились значительные месторождения золота. Оно не было известно и аборигенам Австралии.

В пределах континентов Европы, Азии и Африки знакомство с золотом может быть прослежено в такую глубь веков, в которой исчезают письменные или материальные памятники населяющих их народов, т. е. дальше 6 — 7 тыс. лет назад. В эту доисторическую эпоху уже шла кустарная, но, в общем результате, колоссальная добыча золота, приведшая в конце концов к тому, что в старых культурных странах все поверхностное золото было выработано. Еще Гумбольдт заметил, что золотые россыпи, откуда человек прежде всего добывал золото, находятся на границах культурного мира. По мере развития культуры эти россыпи отходят все дальше и дальше, а старые оказываются выработанными[1].

139. Старая Европа потеряла свои россыпи, давно исчезли они в культурных областях Азии.

В неолитическую эпоху золото в Европе не было известно; оно появилось в ней после меди, сперва на окраинах — в Испании и Франции, в Трансильвании[2]. В Трансильвании находилось его древнейшее и самое богатое скопление на нашем континенте.

Древнейшую историю золота можно проследить по истории языка. Индо-европейцы до своего разделения не знали золота, — корни слов, выражающих это понятие, различны у разных народов[3]. Эти народы ознакомились с золотом, повидимому, независимо друг от друга. В индо-европейской группе языков мы находим два самостоятельных названия золота: у индо-иранцев и в германо-славяно-литовской группе языков. И действительно, в странах, которые в историческое время были искони населены народами, говорящими на этих языках, — область между Каспием, Персидским заливом и устьем Ганга, с одной стороны, прикарпатскими странами, с другой, — золото могло быть в их руках туземным продуктом. Независимое и древнее знакомство с золотом должно быть допущено для народов тюрко-татарской группы урало-алтайских языков, где одно и то же название золота царит от Дарданелл до берегов Лены. С другой стороны, издавна знали его семиты, еще до разделения западной и восточной ветвей семитских языков. Самостоятельное название имеет оно в египетском языке.

Другие большие племена заимствовали названия золота, которое явилось для них позднейшим продуктом; это относится к грекам (от семитов), кельтам (от римлян?), римлянам и итальянским народностям (неизвестно от кого), финнам (западные — от германо-славян, восточные — от иранцев), мадьярам.

Таким образом, исследование языка указывает нам несколько местностей, где началась разработка золота, которая должна быть отнесена к первым временам нашей истории. Мы должны искать эти исконные

---

[1] Ср. работы Suess, 1877 и 1892; Humboldt, 1838, стр. 26; White, 1920.

[2] Much, 1893, стр. 356. В конце каменного века золото проникло в Швецию; см. Montelius, 1906, стр. 22.

[3] Schrader, 1906, стр. 30 и сл.

места добычи в прародине индо-иранцев, германо-славяно-литовцев, семитов, тюрко-татар, в Южном Египте. Мало изученные места Ирана и Аравии, карпатские области, прилегающие к Трансильвании, реки Малой Азии, Алтая и приалтайских гор, Нубия — более или менее точно отвечают возможным областям древней родины этих народов. Везде здесь золото стало добываться человеком давно, но, однако, не в одну и ту же эпоху. В других местностях оно стало добываться позже, в зависимости от того, когда данная страна подпадала под культурное влияние того или иного народа, знакомого с золотом.

140. Мы имеем в этом отношении прямые исторические указания, например для Греции, где золото стали впервые добывать финикияне[1], вероятно уже в микенскую эпоху, в XVI веке до н. э. Неизбежно допустить то же самое для рек Италии, Франции, Испании и т. д., выработанных уже на заре римской истории.

Но история ознакомления человека с золотом идет, должно быть, еще глубже. Мы и до сих пор встречаем языки — осколки когда-то больших единиц, имеющие свои имена для золота, которые они получили от исчезнувших человеческих рас или выработали на неизвестной своей прародине. У басков, этрусков, в лезгинских и черкесских языках имеются свои названия золота, генезис которых нам неясен[2].

В общем, вполне согласны с этими указаниями языкознания первые летописные данные всемирной истории. Самая древняя культурная монархия — Египет[3] — получала золото из Нубии, из областей, лежащих между Красным морем и Нилом, из недр внутренней Африки[4]. Те же области служили главным источником золота — в относительно более позднюю эпоху, в первое тысячелетие до н. э. — для финикиян, евреев[5] и других семитских народов передней Азии, для Карфагена. Но круг их торгового влияния был более значителен — он охватывал области Ирана, прилегающие к Персидскому заливу, переднюю Индию, Аравию. В средней Аравии, в совершенно неизученной горной области Йемены, может быть древнего Хавилаха, находились многочисленные, очень древние

---

[1] Геродот, 1888, стр. 84. Ср. Blümner, 1887, стр. 12. О финикиянах см. H. Winckler, 1904, стр. 337 и сл.

[2] Кавказские племена едва ли могли ознакомиться с ним на Кавказе, бедном золотом. Легенда о походе аргонавтов в значительной мере искажает наши представления о Кавказе как золотом дне. Возможная связь кавказских языков с языками народностей древних государств Малой Азии переносит в нее центр ознакомления их с золотом.

[3] О золотых разработках египтян см. литературу у Futterer, 1895, стр. 5 и сл.; E. Thomas, 1909; De Launay, 1902, стр. 116 и сл. По Бертело (M. Berthelot, 1906 (1), стр. 19 и сл., 44), до эпохи Креза не очищалось золото от серебра. О золоте в древнем Египте см. Petrie Flinders, 1915. Золото уже употреблялось в Египте, судя по находкам Ф. Петри, еще в додинастическую эпоху, т. е. много раньше 4241 г. до н. э. (введение календаря). См. Бростэд, 1915, стр. 30; D. Randall-Macivor, 1906 (3), стр. 325 и сл. Прения по его докладу — там же, стр. 336 и сл. Выводы Рандалл-Макивора подвергнуты справедливой критике в новой любопытной работе Холла (R. Hall, 1909). По Эдвардсу (Edwards, 1906, стр. 340), по крайней мере 75 млн. фунтов стерлингов золота было добыто из этих доисторических разработок.

[4] Возражения против этого взгляда и литературу см. у Хвостова, 1907, стр. 73 и сл.

[5] В тесной связи с этим вопросом находится вопрос об Офире, о той загадочной стране, откуда получал золото Соломон. Офир указывался в самых разнообразных местностях, начиная со всего восточного побережья Африки, западной и южной Аравии и кончая Индией. Повидимому, Офир не был страной, где добывалось золото, но лишь вывозным пунктом. Литература об Офире огромна. Из новой см. Glaser, 1890; Oppert, 1903, стр. 219 и сл.; Keane, 1901. Ср. также Бэр, 1873, стр. 12 и сл.

разработки коренного золота, описанные, еще в действии, южноарабским географом X века Хамадани[1]. Отсюда золото шло в гавани Персидского залива и Красного моря, и это создало представление о золотых рудниках Йемены и Тихамы[2], в которых золото, кажется, никогда не добывалось. Но область влияния семитских государств шла гораздо дальше. На юге Африки — в Родезии, в бассейне Замбези, находятся древние копи золота, указывающие на колоссальные разработки, бывшие здесь, повидимому, задолго до н. э. Весьма вероятно участие в этих разработках доисламских государств Аравии, может быть Индии. Хотя о древности находящихся здесь развалин были высказаны в последнее время большие сомнения[3], но пока данные, повидимому, скорее говорят в пользу большой древности бывшего здесь культурного населения. Влияние семитских государств и Египта ясно и несомненно в истории золотых месторождений Северной Африки. Уже в III тысячелетии до н. э., т. е. за 5000 лет до нашего времени, золото разрабатывалось в горах, прилежащих к Красному морю, местными племенами; около этого времени эти места были завоеваны египтянами, и здесь ими велась усиленная разработка бедных кварцевых золотоносных жил, может быть метаморфических пород, содержащих золото. Оно добывалось беспощадной эксплуатацией невольников и преступников[4]. Египет скоро сделался средоточием африканского золота, хотя раньше в нем серебро ценилось выше или наравне с золотом. Золото получалось в Египте как из россыпей, так и из коренных месторождений[5]. Первые россыпи были, повидимому, эолового типа (§ 126). Вероятно, египтяне встретились с таким золотом где-нибудь в окружающих пустынях Нубии.

Из Египта, несомненно, получали значительную часть золота и древние монархии и государства Малой Азии[6]. Хотя туда же шло золото

---

[1] Glaser, 1890, стр. 347 и сл.

[2] E. Meyer, 1884, стр. 223.

[3] Сомнения возбуждены исследованием Рандалл-Макивора. Для некоторых построек он представил аргументы в пользу их относительно нового возраста (эпохи европейских средних веков). См. Randall-Macivor, 1906 (1), стр. 303; 1906 (2), стр. 102. Возражения см. у R. Hall, 1907; стр. 519—647. Очень возможно, что постройки в области Замбези — разного возраста и что золотые разработки много их древнее. Эти остатки и развалины относили к народам семитских доисламских культов. См. литературу у Futterer, 1895, стр. 160 и сл.; Keane, 1901. Такое представление очень хорошо увязывается со схемой истории торговли в Египте, см. Хвостов, 1907, стр. 81, 427.

[4] См. потрясающее описание у Диодора, 1846. Ср. Futterer, 1895; Blümner, 1887, стр. 13.

[5] Futterer, 1895; Lepsius, 1872, стр. 35, 51. Гиероглифический знак россыпного золота, судя по надписям и рисункам, состоит или из платка, в котором встряхивают золото (Фивы), или из мешка, в котором его промывают (Бенигасом). Лепсиус (Lepsius, 1872, стр. 31) указывает на то, что оно в обоих случаях промывалось, но мы имеем, должно быть, в первом случае явление, аналогичное кустарной добыче золота в Австралии (см. также рис. 59 на стр. 184).

[6] Вопрос о родине золота, получавшегося этими монархиями, неясен. В древних ассирийских летописях есть указания, что золото получалось с севера и в образной речи золото идентифицировалось с севером. Карппе (Karppe, 1901, стр. 515) указывает любопытное толкование, в связи с этим, одного места из книги Иова, этой древнейшей поэмы рудоискателей (XXXVII, 22: «золото приходит из полуночных стран»). Ср. Haas, 1902, стр. 211 и сл. Вероятно проникновение в Ассирию золота из Индии. Ср. Lexis, 1900, стр. 749. Египетские памятники показывают уплату долга ассирийцами золотом. См. Н. Винер, 1880, стр. 283. Следовательно, золото не все шло из Египта. История древней добычи золота может быть выяснена только тогда, когда будет изучена история семитских народов Аравии и государственных организаций передней Индии.

караванным путем, оно, несомненно, проникало к ним из Ирана, Аравии[1], Трансильвании, Индии. Весьма вероятно, что часть завоевательной политики, далеких походов этих военных монархий была вызвана стремлением захватить области, где добывалось получаемое ими золото. Возможно, что такова была причина несчастного похода Дария[2] в Скифию (т. е. Трансильванию)[3] и походов ассирийских царей против Элама, закончившихся в VIII столетии до н. э. подчинением их влиянию золотоносных областей западной Аравии[4]. Таково же было завоевание Египта Камбизом, перевезшим много золота в Азию[5].

141. Черные расы Африки сохраняли веками, до наших дней, навык к добыче золота из бедных россыпей. Целые народцы веками работали над золотом как рабы мелких князьков[6]. «Золотой песок» с Золотого Берега Гвинеи шел в древний Карфаген, позже в Рим, проходил в Индию и Китай в дохристианское время и побуждал в XV—XVII веках европейцев к смелым и опасным путешествиям, приведшим к полному изменению представлений культурного человечества о земной поверхности. Уже давно наряду с россыпным стало добываться золото коренное.

В течение всего периода роста и развития переднеазиатских монархий, всего цикла развития древней Эллады, эллинистических государств, Римской империи — золото попадало в средиземноморскую область культуры из того же самого источника[7]. Однако с развитием культуры появились самостоятельные центры добычи золота. Кое-где, например в Трансильвании, месторождения золота разрабатывались уже до соприкосновения живших там народов непосредственно со средиземноморскими культурными государствами; здесь уже в VI—VII столетиях до н. э. добывалось золото, вероятно из богатых золотом верхних наносов[8]. Повидимому, также независимо добывали золото кельтские и другие племена Испании, теперешней Франции (на северных отрогах Пиренеев и в Севеннах)[9], Германии[10] (Рейн и т. д.), Ирландии[11], Хорутании (юго-восточная

---

[1] E. Meyer, 1884, стр. 223.
[2] Bury, 1897, стр. 277.
[3] Niederle, 1904, стр. 262.
[4] Glaser, 1890, стр. 351.
[5] Jacob, 1838, стр. 25.
[6] См. условия разработки золота у негров Африки — Futterer, 1895, стр. 164 и сл.; Laurent, 1902, стр. 49 и сл.
[7] Возможно значительное проникновение и индийского золота через Персию и Египет. Софокл отличал чистое золото Индии от электрума Лидии (Софокл. Антигона, 1884, ст. 1037). Остатки огромных древних разработок золота известны в Южной Индии (V. Ball, 1881 (1), стр. 177; ср. о Тибете, стр. 207).
[8] Интересны указания Палласа и Борна о чрезвычайном сходстве разработок в Трансильвании с западносибирскими разработками. Паллас предполагает, что народ, добывавший медь и поверхностное золото на запад от Енисея, перешел в Венгрию (Паллас, 1780, стр. 332 и сл.). Он идентифицирует их с венграми, т. е. относит разработки к средним векам, что явно неверно. Но связь, может быть, и была — более древняя. О древних разработках см. Litschauer, 1904, стр. 464. О разработках в римскую эпоху ср. Papp, 1906, стр. 309; Brand, 1903, стр. 453 и сл. Об истории добычи золота в Трансильвании см. еще Schumacher, 1912, стр. 15 и сл.
[9] Daubrée, 1868, стр. 3; Cartailhac, 1889, стр. 272. Ср. Dottin, 1906, стр. 132—133, 154.
[10] Такая добыча шла на Рейне и его притоках еще до римлян. Весьма вероятна связь с золотом походов римлян к Рейну — как в Эльдорадо (Freise, 1907, стр. 1 и сл.).
[11] Kinahan, 1883, стр. 263; Rudler, 1905, стр. 233. Отголоски этого богатства золотом Ирландии сохранились в древней поэзии. См. Flanghaila, 1907, стр. 189.

Каринтия). Одним из мест такой древней добычи золота был Пьемонт (на севере Италии), область салассов. В 143 г. консул Аппий Клавдий без объявления войны напал на салассов и захватил часть золотоносной области. Римские завоеватели организовали там добычу золота[1]. В этой области кельтского влияния шла циркуляция золота, медленно проникавшего отсюда и в другие страны. Так, из Ирландии оно шло (V век до н. э.) в Скандинавию[2]. Но лишь финикияне[3] и карфагеняне вызвали более энергичную разработку этих золотых месторождений[4] и ввели их окончательно в мировой обмен. С завоеваниями Цезаря огромные количества золота, накопленного кельтской цивилизацией, попали в Рим.

Вскоре золотые россыпи были выработаны, даже такие богатые, какими, повидимому, были месторождения Испании[5] и Франции. Большей частью это были накопленные веками элювиальные и аллювиальные россыпи. Таковы были золотые россыпи греческих островов Сифноса, Фазоса, побережий Фракии (Скаптэсилэ) и Малой Азии (Троя)[6]. Здесь золото иссякло уже в I веке до н. э. В Малой Азии расцвет золотой промышленности, может быть, относится к многим столетиям раньше, ко времени гиттитской и мидийской истории[7]. В Европе — в Македонии и во Франции — добыча золота продолжалась еще несколько столетий позже. В Македонии в IV веке до н.э. золотые рудники Пангея явились основой ее могущества[7]. Эти древние рудники были захвачены Филиппом; разработка их была поведена им очень энергично, дала сразу много золота и довольно быстро привела к их значительному истощению[8]. Кое-где римляне и туземцы разрабатывали и коренные месторождения, например, кварцевые жилы в графстве Кирмартен в Уэлсе[9], во Франции[10], может быть в Верхней Хорутании — в Высоких Таврах[11].

Вероятно, наибольшее значение из золотых разработок в римскую эпоху[12] имели месторождения Пиренейского полуострова. Грандиозные разработки в южной Португалии и Испании описаны еще Плинием[13]. Здесь в римскую эпоху добывалось до 2900 кг золота в год[14] и эта добыча не замерла в средние века, существовала в эпоху мавританских государств. В горах Тахо она процветала в X веке, при Абдеррахмане III[15]. Дру-

---

[1] Ферреро, 1915, стр. 44. Ферреро увлекается, сравнивая область салассов с Трансваалем. Центр торговли золотом — Виктумулы в обл. Верцелл. Он ссылается на Страбона (V, гл. 1, 12), Плиния (Plinius, кн. 33, 21; Übers. 1882, 24). См. Rochata, 1878, стр. 217.

[2] Montelius, 1906, стр. 116.

[3] Очень любопытные данные о значении в мировом обмене так называемых финикиян и о их предшественниках см. H. Winckler, 1904, стр. 440 и сл.

[4] См. обзор у Blümner, 1887, стр. 20 и сл.

[5] Fournet, 1861, стр. 361 и сл.

[6] Ср. Landerer, 1849, стр. 432 и сл.; 1864, стр. 46 и сл. Собственно в Греции (Сифнос и т. д.) золотые месторождения были очень бедны. Ср. Neumann u. Partsch, 1885, стр. 223. О добыче золота на Фазосе и Скаптесилэ (а не Скапте-Гюле; может быть в Пангее) см. Perdrizet, 1910, стр. 1. Добыча в общем была невелика.

[7] De Launay, 1908 (1), стр. 70—71, 79.

[8] Reinach, 1902, стр. 52.

[9] Rudler, 1905, стр. 129 (литература).

[10] Daubrée, 1868, стр. 3.

[11] Rochata, 1878.

[12] К сожалению, история рудного дела в Римской империи не разработана. Из новых работ см. Freise, 1908; Neuburg, 1900, стр. 46 и сл.

[13] Plinius, 1882, 33, стр. 24.

[14] Haas, 1902, стр. 223. Ср. Del Mar, 1902, стр. 64 и сл.; главным образом россыпи.

[15] Calderón u. Tenne, 1902, стр. 14 (литература); Breidenbach, 1893; B. Neumann, 1904, стр. 197—198.

гими центрами были в римскую эпоху Трансильвания[1] и Верхняя Хорутания — область таврисков, снабжавшие золотом средиземноморские земли еще до римлян. Область таврисков давала римлянам золото с 15 г. до середины V века, когда она была завоевана варварами. Золото добывалось из высоких альпийских коренных месторождений, нередко у границы вечного снега[2]. На Балканском полуострове мы встречаемся с ясными указаниями извечной добычи золота[3]. Главные разработки сосредоточивались в западной его части. В начале нашей эры был расцвет золотых россыпей Далмации[4]. Более древние разработки Герцеговины и Боснии[5] (россыпи) были выработаны и заброшены к эпохе Константина, к IV веку н. э. Более богатые россыпи были выработаны в первое тысячелетие нашей культуры, немногие аллювиальные россыпи сохранили свое значение исключительно лишь как небольшие кустарные разработки. Во времена Римской империи такая добыча продолжалась непрерывно все время во всех ее углах, давая в общем счете значительные количества золота. В III столетии н. э., вследствие нашествия варваров и внутренней дезорганизации Римской империи, очень многие из этих разработок прекратились.

У нас сохранилось очень мало сведений по истории рудного дела в последние века Римской империи, но, повидимому, кое-где добыча золота из россыпей держалась в первые века н. э., например в Сардинии. Во всей империи рудное дело хотя и падало, но продолжалось еще в IV—V столетиях[6]. Вероятно, кустарная добыча никогда не прекращалась и она традиционно сохранилась до наших дней в разных местах на Рейне и других реках Германии или в Болгарии, около Кюстендиля и в других местах[7].

142. Извека — с древности — и в средние века шла торговля золотом в Западной Сахаре[8]; оно менялось на соль, добывавшуюся в Северной Африке. Торговля шла через Тимбукту. Между северными народами и племенами, добывавшими золото, было много посредников. Африка продолжала оставаться все это время главной золотой страной как для государств нашей культуры, так и для азиатских монархий. К эпохе упадка Римской империи золото из Африки переменило рынок — пошло на запад, в культурные области мусульманского мира, куда оно шло, повидимому в меньшем количестве, и раньше. Арабские завоеватели Египта

---

[1] Римляне владели Дакией с 105 по 265 г. н. э. В это время шла или усилилась разработка золота. По Паппу (Papp, 1906, стр. 311), на основании недостаточных данных, здесь добыто 12,5 т золота. О добыче в средние века известно очень мало. Повидимому, в Трансильванию (Дакию) были римлянами переселены рудокопы из Далмации, так как местное население в значительной мере погибло в войне с римлянами (Neuburg, 1900, стр. 325). Об истории рудного дела в Трансильвании см. Weisz, 1891. Для древнего периода сведения крайне скудны.

[2] Rochata, 1878, стр. 219, 253 и сл. Об исконной добыче здесь золота см. Much, 1907, стр. 118.

[3] Jovanovitch, 1907, стр. 7.

[4] Neuburg, 1900, стр. 325.

[5] Для Боснии и Герцеговины см. Rücker, 1896. В Боснии золото добывалось и в средние века.

[6] Neuburg, 1900, стр. 68, 95 и сл.

[7] Для Германии — Brauns, 1903, стр. 71 и сл.; Freise, 1907, стр. 1 (Рейн и его притоки). Для Болгарии — Златарски, 1882, стр. 12; Jiriček, 1888, стр. 326, 393.

[8] Добыча шла в Гонгаране, находящемся между двумя притоками р. Сенегала и Бамбуком, окруженном двумя другими притоками. Теперь золото добывают, как описывал Эдризи, например, при спаде зимних вод р. Фалете (Roncière, 1923, стр 663, 669—670). О значении Малой Азии и добыче золота с р. Тмола и др. указывал Чихачев (1864, стр. 233, 242).

восстановили добычу золота в древних копях вдоль берегов Красного моря[1]. Через арабов африканское золото в значительном количестве направилось в Азию.

Азия долго не играла такой роли в золотом деле, какую веками играла Африка. Но все же за несколько веков до н. э. золото являлось важным объектом караванной торговли в Азии и на берегах Понта (ионийская эпоха); получали золото, добытое на Урале, Алтае, в Тибете[2]. Богатые золотые месторождения Северной Азии и Урала стали известны только в новое время — в XVIII, XIX столетиях. На Урале, где существовало древнее медное производство, богатые россыпи золота не разрабатывались, и археологические находки золота в Пермской губ. указывают на его привоз с юга — из культурных областей древнеперсидского царства (Сасанидов), позже через посредство Болгарии — арабскими купцами[3]. Здесь разрабатывались на золото лишь разрушенные верхние части жил и медных месторождений, содержащих небольшие блестки золота. Такие месторождения были известны главным образом в Южном Урале. Сохранились и следы разработок[4]. Однако эти разработки прекратились уже в первые века н. э.

Повидимому, нигде на Азиатском континенте не существовали экономические и социальные условия, которые делали бы возможной и выгодной эксплуатацию бедных россыпей, добычу в широком размере золота из рек и речного аллювия, подобно тому, как это в течение веков практиковалось в Африке. Местами, однако, и здесь всегда происходила разработка бедных золотых россыпей и железных шапок и вековым трудом добывались в конце концов большие количества благородного металла. Так, например, в Туркестане, Бухаре, Кашгаре и вообще в передней Индии, Белуджистане, Киргизской степи[5] и Западной Сибири — на запад от Енисея[6] — извека шла разработка золотоносных россыпей, в общем бедных, и едва ли где, кроме современнных россыпей в ложе рек, можно встретить здесь нетронутые отложения[7]. При промывке всюду наталкиваются на следы древних работ, на изделия и вещи различных сменявшихся здесь культур и народностей. Через эллинистические и греко-варварские государства это золото поступало в общий обмен культурного мира. Аналогичны были и разработки золота и электрума на Алтае (§ 150).

---

[1] Futterer, 1895, стр. 11 и сл. В начале IX столетия.

[2] Tomaschek, 1888, стр. 729. О значении Урала и Алтая для древней добычи золота см. Humbold t, 1843, стр. 389 и сл. О загадке источника древнего русского серебра см. там же, стр. 493—495. О древних разработках золота в Азии см. De Launay, 1911, стр. 15.

[3] Ср. так называемое закамское серебро первых веков нашей истории. Теплоухов, 1895, стр. 247; Дмитриев, 1889; Флоринский, 1894, стр. 205; Эйхвальд, 1838, стр. 264 и сл.; 1854. Последний считает, что золотые россыпи Южного Урала разрабатывались очень энергично чудью. Но это ничем не подкрепленное предположение. Повидимому, древние обитатели этих мест знали золото из железных шапок медных рудников и добывали его попутно.

[4] Лепехин, 1802, стр. 96—97. Ср. Jacob, 1838, стр. 21 и сл. Флоринский, 1894, стр. 218 и сл., 255.

[5] О находках золотых бус и медных орудий на Николаевском промысле по р. Сенташу см. Ковригин, 1860, стр. 191. Он считает, что они попали в россыпь в момент ее образования. Об аналогичных находках Сапожникова в Усть-Каменогорском окр. см. Флоринский, 1894, стр. 215. В Казанском прииске, в Зайсанском у. Семипалатинской обл.— см. Крат, 1892, стр. 173.

[6] Паллас, 1780, стр. 322. Ср. Яворовский, 1894, стр. 145. Разработки, может быть, наблюдались и на восток от Енисея; бронзовые вещи находились в россыпях по р. Шаарган; см. Atkinson, 1860, стр. 241.

[7] A Levat, 1903, стр. 203, 217. См. известия старых писателей у Blümner, 1887, стр. 16. Ср. L. Beck, 1890, стр. 212.

143. Самостоятельным центром древней культуры были Индия, Индокитай и Китай. История их не заходит так далеко в глубь веков (в своих памятниках), как история Египта; однако и здесь золото добывалось уже в течение тысячелетий, может быть в течение 3500—4000 лет. Эти культурные центры не раз соприкасались с нашим мировым — средиземноморским — культурным округом, но в общем их развитие шло от него независимо.

В собственно Китае не было богатых россыпей или коренных месторождений золота; оно добывалось в различных местах упорным трудом из бедных россыпей и ввозилось в значительной части с севера (см. § 150, Алтай) и запада[1]. В VIII столетии н. э. начались первые разработки золота в Японии[2], никогда не достигавшие, однако, широких размеров. В Южном и Западном Китае, в областях, где долго боролось влияние Китая, Индии, малайских центров Индокитая, шла издревле разработка бедного аллювиального золота и еще теперь его добывают из песка Голубой реки и Кин-Хо[3]. Несомненно, однако, что временами если не китайцы, то народы их культурного влияния наталкивались на богатые золотые месторождения. Так, при начале разработки богатых Амурских россыпей встречены были огромные отвалы старых разработок, самая память о существовании которых исчезла[4]. Повидимому, разработка золота производилась здесь владельцами мелких тунгусских государств, существовавших в пределах теперешней Приморской области за несколько столетий до прихода русских[5]. Но и после их разрушения — уже в XVIII и XIX веках — шла кустарная разработка золота китайскими старателями.

Совершенно так же особняком стоит Индокитай с его смешанным и своеобразным населением, соприкасающимся с цивилизацией Китая, Индонезии и Индии. Здесь на юге, на п-ове Малаккском («золотом острове» Птоломея), находились древние разработки золота, и некоторые исследователи видели в нем древний Офир Библии[6]. Сюда, весьма возможно, стекалось золото Зондских островов[7].

В самой Индии древние разработки — столетия до начала нашей эры — были сосредоточены на юге, в Мадрасском округе. И здесь искали Офир Соломона! Другая область древних разработок лежит на крайнем севере, в горных альпийских местностях северных отрогов Гималаев[8], в Тибете[9]. Во многих других местностях Индии извека шла кустарная добыча золота из речного песка, местами сохранившаяся до нашего времени (рис. 59). Всюду в Индии наталкиваются на забытые огромные старинные разработки золота[10].

Отсюда медленно проникало золото в течение долгих столетий, скопляясь главным образом в местных государствах. В XIV столетии мусульманские завоеватели Индии бросили в мировой обмен нашего культурного района огромные количества этого отдаленного от нас золота.

---

[1] Выдержки из китайских источников у Pfitzmaier, 1866, стр. 221, 226.
[2] Wada, 1893, стр. 1.
[3] Leclère, 1902, стр. 101 и сл.
[4] Аносов, 1863, стр. 353.
[5] Лопатин, 1863, стр. 173.
[6] Бэр, 1873, стр. 340 и сл.
[7] На Борнео кустарная добыча шла издавна (Posewitz, 1889, стр. 240).
[8] V. Ball, 1881 (1), стр. 175 и сл., 213 и сл.
[9] О древней и новой разработке в горных областях Тибета — Северной Индии см. Tomaschek, 1888, стр. 752—754. Для Пянджистана (Памира) древние разработки см. у Иностранцева, 1917, стр. 893 и сл.
[10] Reuning, 1908, стр. 483.

мусульманского Востока. В Европе всего добывавшегося золота едва хватало для того, чтобы покрывать его отход от истирания и потерь; запас золота не увеличивался[1].

145. Во второй четверти XVI века эти отношения круто изменились, и в Европу влилось огромное количество золота, добытого при иных условиях народами, стоявшими совершенно в стороне от цивилизации древнего мира. Местные центры добычи и рудники закрывались под влиянием падения цен на золото.

В это время испанцы привезли в Европу колоссальные количества золота, сперва отобранного у туземцев Южной и Центральной Америки, затем добытого в этих новых местностях. Сразу, в течение немногих лет, в Европу было брошено количество золота, в несколько раз превышавшее то, которое было в ней накоплено вековой историей.

Особенно заметные его количества начали идти с завоевания Мексики, с 1521 г. С 1492 по 1546 г. количество золота и серебра, перевезенных в Европу, вдвое превысило то их количество, которое к этому времени могло находиться в европейских государствах. К концу XVI столетия оно должно было в 5 раз превышать все запасы, которые находились в руках европейцев к началу XVI столетия[2].

Это золото и серебро начало заметно добываться разработкой только с 1546 г., когда стало добываться серебро в Потоси и была применена амальгамация золотой руды. Первое время главная часть благородных металлов была добыта путем грабежа. По довольно умеренным расчетам, количество золота, попавшего в руки испанцев до начала разработки значительных рудников — при покорении Перу и Мексики и мелких туземных племен, — достигало 106 тыс. марок золота[3] (т. е. 25,1 т). Это был, кажется, единственный случай в истории, когда было захвачено и перевезено в другую страну почти все золото, накопленное как правительствами, так и состоятельными классами общества в течение веков в обособленных от европейского обмена государствах, богатых золотом.

Это золото в Америке было довольно широко распространено по стране благодаря местному торговому обмену[4], и испанцы находили его у туземцев вдали от мест его добычи. Но, кроме того, оно было накоплено туземцами при первоначальной разработке девственных еще, хотя вообще и бедных золотом вторичных месторождений. Золото это (так же как и серебро) туземцы получали исключительно из россыпей; коренные месторождения были ими совершенно не тронуты, если исключить небольшие работы в верхних частях жильных месторождений, в железных шапках. В Мексике эти работы были сконцетрированы преимущественно в юго-западной части, в штате Оахака[5]; в Перу были известны исключительно россыпи[6].

По окончании военных грабежей испанцы энергично начали разработку золота в завоеванных странах всюду, где могли[7]. И хотя количество добытого ими золота не может даже сравниться с массами выработанного ими серебра или с теми богатыми золотыми рудами, которые ныне

---

[1] Jacob, 1838, стр. 35 и сл.

[2] Там же.

[3] Humboldt, 1827, стр. 424. Самостоятельные расчеты Джакоба дали очень близкие результаты, см. Jacob, 1838, стр. 30, 39.

[4] Humboldt, 1827, стр. 419–420.

[5] Ramirez, 1884, стр. 25 и сл.; Humboldt, 1827, стр. 114.

[6] Del Mar, 1902, стр. 202.

[7] Jacob, 1838, стр. 32.

открыты и переработаны в этих местах, все же количество золота, ими выделенного и вывезенного, было очень велико. Центральная и Южная Америка заняли в это время первое место в мировой добыче золота[1].

146. Однако все это количество не было достаточно для удовлетворения возраставшей потребности человечества в золоте. Цена его в Европе стала подниматься. Старая добыча золота в Африке все время стояла на втором месте после Новой Испании, доставляя значительные массы золота[2]. В Европе развивались разработки в Трансильвании, начали разрабатываться вновь бедные его месторождения, например, в первой половине XVII столетия возникло золотое дело в Целле, в Тироле. В то же самое время на Дальнем Востоке китайцы стали усиленно добывать золото всюду в сфере своего влияния — в Японии[3], на Зондских островах, в Индокитае и т. д. Это золото через португальцев поступало в мировой обмен[4].

Но все эти отдельные разработки не имели мирового значения. Новые значительные находки золота, поднявшие мировую его добычу, были сделаны в начале XVIII столетия. На первое место стала Бразилия[5]. Здесь золото было известно и добывалось уже в XVI—XVII столетиях[6], но главные находки россыпного золота — повидимому, по следам туземных племен, добывавших его для украшений — были сделаны к началу XVIII века. В провинции Минас-Жераис богатые россыпи были открыты в 1697 г., но правильная разработка могла начаться в этой дикой местности лишь с 1710 г.; в Гояс богатое золото открыто в 1719 г., широкие разработки начались в 1726 г.; в 1719 г. открыто богатое золото в Матто-Гроссо. К середине XVIII столетия золотопромышленность в Минас-Жераис и Матто-Гроссо достигла максимума, Бразилия явилась первой поставщицей золота для всего мира. С 1756 по 1777 г. Бразилия (по данным Эшвеге)[6] дала 138 т зарегистрированного золота, не считая контрабанды и утайки. Одна Минас-Жераис с 1752 по 1761 г. давала ежегодно по 104 арробас[7] (т. е. 1,5 т). С 1777 по 1803 г. добыча Бразилии составила около 90 т золота.

К концу XVIII столетия добыча золота в ней постепенно начала падать, и к первой четверти XIX столетия на первое место выступил Урал[8]. Здесь коренное золото (Березовск) открыто в 1742 г., в конце века (1771) там же открыты и россыпи, значение которых долго не было понято. Лишь в 1814 г. началась разработка золотоносных россыпей на Урале. До 1820 г. она не имела большого значения (с 1814 по 1820 г. добыто 0,32 т золота)[9] и лишь в первой четверти XIX века золотые россыпи Урала, а в начале 1830-х годов и Алтая получили важное значение в общей мировой добыче золота. С тех пор постепенно они вырабатываются, и золотое

---

[1] Suess, 1877, стр. 221 и сл.

[2] См. цифры у Soetbeer, 1879, стр. 107.

[3] Считавшаяся почти до середины XIX столетия «золотой» страной в глазах европейского Запада — Япония никогда не была богата золотом. Об истории золота в Японии см. Geerts, 1876, стр. 91; Riess, 1898, стр. 144 и сл.

[4] Ср. Lexis, 1900, стр. 752—753.

[5] Об истории золота в Бразилии см. Freise, 1910, стр. 444 и сл.

[6] Jacob, 1838, стр. 82; Eschwege, 1833, стр. 459.

[7] Зарегистрированного золота; см. Humboldt, 1827, стр. 448.

[8] Ср. Soetbeer, 1879, стр. 111.

[9] Чевкин, 1851, стр. 378. Ср. § 153.

дело отходит все дальше в глубь Сибири. К 1840 г. добыча золота в России резко поднялась с открытием в 1839 г. чрезвычайно богатых (28—30 г Au на 1 т) россыпей в Енисейской тайге, быстро (к 1848 г.) уже снизивших свою добычу[1]. В настоящее время россыпное золото в Сибири добывается до берегов Тихого океана, нигде, однако, не приобретя мирового значения и с трудом поддерживая золотую добычу России на высоком уровне, несмотря на богатство некоторых восточносибирских золотых месторождений.

147. В XIX веке на мировую сцену выступили новые страны. В 1848 г. впервые открыты россыпи, позже — коренные месторождения — Калифорнии; вскоре затем (1853 г.) найдены не менее богатые россыпи Виктории в Австралии, сразу необычайно повысившие добычу золота и резко понизившие его цену.

Вслед за Калифорнией год за годом золотые месторождения открывались в новых штатах Северной Америки и пополняли быстро иссякавшие запасы богатых верхов первых открытых россыпей или коренных месторождений. Теперь этот процесс заканчивается для Северной Америки. В 1860 г. добыча достигла Невады (Комсток и Эйрека), затем Юта; в 1874 г. стало играть роль золото Колорадо (Лидвилл), в 1876 г.— Монтаны (в 1880-х годах началась разработка в ней жил), в 1891 г.—Канады и Аляски; здесь добыча золота достигла крайней границы на северо-восточном побережье; в 1896 г. открыто золото в Юкон-Клондайке, произведшее огромное впечатление; однако скоро добыча в нем сильно упала. В 1899 г. добыча золота достигла мыса Номэ[2].

К XX веку время героических, колоссальных разработок для Северной Америки закончилось. На первое место в мировой добыче с 1887 г. выступил Трансвааль с своими оригинальными месторождениями (§ 129). Здесь сосредоточено золота на 15—20 млрд. франков, а вынуто около пятой части[3].

К этому времени применение нового способа добычи золота — обработки золотых руд цианистыми солями[4] — вызвало колоссальный подъем его добычи как в Северной Америке и Австралии, так и в Трансваале. Одновременно с этим не прекращались и открытия новых значительных залежей или широкое развитие старых. Так, в 1893 г. открыты богатые руды золота в Западной Австралии, в 1904—1905 гг. быстро поднялась добыча золота в Мексике, вследствие этого перешедшей к золотой валюте. Эти временные подъемы заставили замолкнуть опасения о возможности золотого кризиса (§ 149).

Наряду с этим изменением характера добычи, изменились и самые источники золота. До XIX века основным источником золота были р о с с ы п и, главным образом элювиальные и аллювиальные, но со второй поло-

---

[1] Сжатый очерк хода русской золотопромышленности см. в официальном издании: «Общий обзор главных отраслей горной и горнозаводской промышленности», 1915, стр. 7 и сл.

[2] D e L a u n a y, 1906, стр. 506. Ср. также Б о г д а н о в и ч, 1901 (1), стр. 37 и сл. Любопытно, что незадолго до продажи Аляски Северо-Американским Штатам некоторые русские исследователи (Дорошин) указывали на благонадежность ее золотых россыпей (Б о г д а н о в и ч, 1901, стр. 38). Об этом при продаже «забыли». Юкон был впервые исследован русскими (Лукиным и др.— см. Б о г д а н о в и ч, там же, стр. 47). Продажа Аляски ждет своего историка и составляет одну из печальных страниц русской истории.

[3] D e L a u n a y, 1906, стр. 509.

[4] Открытие действия цианистых солей на золото было сделано в 1840-х годах русским ученым П. Багратионом. Но первое применение этих солей к добыче золота было сделано лишь в 1880-х годах Мак Артуром и братьями Форрест (Р ы б а л к и н, 1904, стр. 97).

вины XIX века на первое место выдвинулись коренные, главным образом жильные месторождения, и к концу века они давали 70% добываемого золота[1] (причисляя сюда и ископаемые россыпи Витватерсранда, см. § 129). Теперь число это понизилось благодаря появлению золота американских и австралийских россыпей на мировом рынке.

148. Трудно и почти невозможно исчислить все количество золота, добытого человеком. Это можно сделать только для последних столетий — начиная с XVI века. Но количество золота, добытого во всю предыдущую вековую работу человечества, совершенно ничтожно по сравнению с колоссальной работой XIX века. Принимая это во внимание, мы имеем, согласно исчислениям Зётбеера и Бидермана[2], резюмировавших предшествующие работы, следующие числа мировой добычи золота (в т) по столетиям:

1493—1600	XVI	754,8
1601—1700	XVII	912,3
1701—1800	XVIII	1900,0
1801—1900	XIX	11544,1
1901—1904	—	1880,0

Всего, таким образом, добыто золота 16 991,3 т, причем в эту цифру не вошла вся добыча Азии и Африки, шедшая на потребление стран, далеких от европейской культуры, почти до конца или середины XIX столетия. Эта цифра много ниже действительной[3]. Самым поразительным является быстрый рост добычи золота. Так, в 358 лет, с 1493 по 1850 г., добыто 4752 т, а с 1850 по 1900, в 50 лет, более чем вдвое — 10 359 т. Темп процесса все увеличивается (§ 27). В один год XX столетия добывается столько золота, сколько в XVI или XVII столетии не добывалось и в 50 лет (так, в 1903 г. добыто 492,1 т). С 1901 по 1910 г. добыто золота 5729 т[4]; за 10 лет XX столетия — больше половины добытого в XIX столетии. В 1913 г. добыто 697,7 т (мировая добыча). С 1911 по 1913 г., за три года, добыто 2114 т. За последнее пятилетие: Трансвааль — 33%, Соединенные Штаты — 20%, Австралия — 14%, Россия — 9% мировой добычи[5].

149. Невольно при таком росте добычи золота и при увеличении потребности в нем в связи с финансовыми задачами[6] явилось опасение, что количество золота, доступного человеку в верхних частях земной коры, быстро иссякнет, и темп его добычи не будет соответствовать росту потребности в нем. Такая мысль была развита в конце 1870-х годов знаменитым венским геологом Зюссом, и его идеи вызвали целую литературу[7].

---

[1] Hauchecorne, 1894, стр. 49.

[2] Soetbeer, 1879, стр. 107 и сл.; 1885, стр. 1; Biedermann, 1904, стр. 39.

[3] По Де Лонэ (De Launay, 1906, стр. 513), с 1500 по 1906 г. добыто около 17 600 т золота.

[4] Minnich, 1911, стр. 435.

[5] См. «Общий обзор и т. д.», 1915, стр. 25; Матасов, 1914.

[6] По исчислениям Лексиса, для одного 1897 г. необходимо было золота на 1838, 3 млн. марок (т. е. около 650 т) для мировой чеканки монеты и на 267 млн. марок (т. е. около 90 т) на изделия. Бо́льшая часть золота была старая, раньше добытая (см. Lexis, 1900, стр. 761). Очевидно, теперь эти цифры много больше.

[7] Suess, 1877. В 1893 г. этот вопрос разбирался в одной из комиссий германского рейхстага, протоколы которой дают много любопытных данных. См. «Verhandlungen d. Silbercommission d. Deutschen Reichstags», I—II, 1894. В этой комиссии участвовали в качестве экспертов Зюсс и многие видные ученые Германии. См. изложение вопроса у Ruhland, 1891, стр. 505 и сл.; Suess, 1894; Миклашевский, 1895, стр. 133 и сл.; Lexis, 1900, стр. 748 и сл.; 1901, стр. 724 (литература); Lindgren, 1903, стр. 791 и сл. В связи с теорией Зюсса о расширении добычи золота см. Minnich, 1911, стр. 435 и сл.

По мнению Зюсса, количество золота накоплено на поверхности Земли медленным вековым процессом и не может быть восстановлено в короткий срок; в то же время человек не может с выгодой для себя собирать рассеянное в коренных месторождениях в минимальных количествах золото, раз будут выработаны обогащенные природными процессами россыпи или верхи жил. Поэтому, при увеличивающейся потребности человечества в золоте, его не хватит на ее удовлетворение.

Эти идеи Зюсса весьма вероятны, хотя едва ли справедливы его предположения о быстром наступлении кризиса, который Зюсс предполагал возможным в первой четверти XX столетия. За 30 лет, истекших после опубликования его работы, не заметно ни малейшей заминки в добыче золота. Напротив, выступили на сцену такие типы месторождений золота, которые раньше не имели никакого значения, — как, например, ископаемые россыпи (Витватерсранд — один дающий почти половину всего производства золота), теллуристые месторождения. Зюсс в своих расчетах переоценивал точность наших знаний о характере месторождений золота.

Однако основная мысль Зюсса правильна: меняются лишь хронологические расчеты. Россыпи быстро иссякают, нетронутых коренных месторождений становится все меньше. Стоимость добычи золота должна увеличиваться, так как в общем энергия, на нее затрачиваемая, должна расти. Недалеко то время, когда вопрос о добыче потребного человечеству золота станет перед нами в форме серьезной проблемы практической государственной жизни.

Наряду с этим, для золота может быть поставлен и другой вопрос, вопрос о полном его недостатке в форме достаточно крупных выделений. Золото, мелко раздробленное и всюду рассеянное, недоступно для человека (кроме золота океанов?); для того, чтобы человек мог добывать его, оно должно быть раньше сконцентрировано природными процессами. Но много ли вообще такого сконцентрированного золота? Не может ли приблизиться количество потребного человечеству золота ко всему запасу золота, собранного в природе? Нет ли, таким образом, естественного предела доступного человечеству золота? Запас золота, находящийся в руках человека, как мы видели, растет и в то же время в течение немногих тысячелетий весь истирается (§ 34). Когда он приблизится к количеству золота, сконцентрированного природными процессами и собранного в океанах, а ежегодная потеря от истирания составит заметную долю ежегодной добычи, мы подойдем к естественной границе доступного человеку золота. От этой границы мы не так далеки.

Часть золота исчезает из обращения, вследствие привычки некоторых народов его прятать и не пускать в оборот. По Д. Уильсону, в Индии таким путем ушло золота в годы с 1891 по 1900 на 2,8 млн., с 1901 по 1910 на 8,1 млн. фунтов стерлингов. Ожидается, что в 1913 г. уйдет из оборота этим путем золота на 30 млн. фунтов стерлингов. Аналогичный процесс идет — не в столь большом темпе — в Египте[1].

150. История электрума и серебра. Другие минералы этой группы, электрум и медистое золото, являются подсобными металлами и служат для добычи золота там, где они встречаются в значительных количествах.

---

[1] McNeill, 1913, стр. 473. По Де Лонэ, нормальная жизнь золотоносного района продолжается 15—20 лет, в редких случаях достигает 50 лет.

Из них электрум одно время имел большое значение, так как золото было известно раньше серебра и технические свойства чистого или бедного серебром золота ниже технических свойств электрума. Поэтому электрум прежде ценился выше своей действительной стоимости. Отчасти одно время в Африке и Малой Азии он являлся даже важным источником серебра, которое из него выплавляли[1].

Но много раньше, чем поняли состав электрума, он сам по себе, благодаря своим свойствам, находил применение. Приблизительно за семь столетий до н. э. электрум был найден в довольно значительном количестве в речном песке и аллювии некоторых рек Малой Азии —Тмола, Сипила, Пактола. В Пактоле находили значительные самородки этого металла. Эти месторождения дали начало монете из электрума в Лидийском государстве, причем электрум явился первым монетным металлом, раньше золота и серебра[2].

Лишь в V столетии до н. э. найден был способ его очищения и выделения из него серебра (§ 138). После разрушения Лидийского государства монеты из природного электрума еще долго употреблялись в ионийских городских общинах — Кизике, Лампсаке, Фокее—и распространялись по всей культурной округе эллинской цивилизации[3].

Несомненно, электрум мог добываться в Европе еще в Трансильвании. Может быть на него же (из Пиренеев и Севенн) указывает несколько неясное замечание Страбона[4].

Другой древний центр добычи электрума лежал на Алтае. Отсюда, должно быть, происходят изделия из электрума, находимые в древних «чудских» могилах Алтая, Сибири, восточного склона Урала. Может быть, отсюда же шел электрум «скифских могил» Керчи[5]. На Алтае, в Змеиногорском руднике, были в XVIII столетии открыты остатки разработок верхних железных шапок и элювиальных россыпей, содержавших богатое серебро и золото. Народ, добывавший электрум, пользовался каменными и медными орудиями[6]. Разработка электрума на Алтае прекратилась за много столетий до прихода русских (в XVII столетии) и память о ней не сохранилась у туземцев того времени[7].

Судя по надписям, был еще один древний центр добычи электрума в Африке, в эфиопских областях, примыкающих к Южному Египту. В Египте скоплялось иногда значительное количество электрума[8].

Кроме монеты, природный электрум все время шел на изделия. Позднее, с V столетия до н. э., его очищали и он употреблялся как руда на золото и серебро, временами доставляя значительные их количества (ср. например, Комсток в XIX столетии, § 131).

151. Самородное серебро только временами, то здесь, то там, является важной рудой на серебро, но затем его значение быстро теряется, так как, вообще говоря (ср. § 133), оно неуклонно и быстро исчезает при углублении разработок. Серебро начало добываться позже

---

[1] Blümner, 1887, стр. 30—31; Scheins, 1871; Lepsius, 1872, стр. 48.
[2] Brandis, 1866, стр. 163; Reinach, 1902, стр. 31—32.
[3] Reinach, 1902, стр. 43, 65 и сл.
[4] См. Scheins, 1871; стр. 31; Lenz, 1861, стр. 53.
[5] См. Эйхвальд, 1854, стр. 20 и сл. В Керчь электрум мог попасть и из Малой Азии и из Трансильвании.
[6] Паллас, 1773 (1), стр. 608 и сл.
[7] О древних разработках на Алтае см. Tomaschek, 1888, стр. 763—764. Томашек считает, что в Припонтийскую область (древнегреческая ионийская эпоха) золото поступало из Северной Индии (Тибета).
[8] Lepsius, 1872, стр. 44 и сл. Месторождения эти теперь неизвестны.

золота и меди. Еще в Египте серебро в начале культуры было дороже золота. Приблизительно около II тысячелетия до н. э. серебро стало довольно обычным, но добывалось оно из галенита.

Однако в целом ряде местностей добыча самородного серебра несомненно играла важную роль — так, это наблюдалось, судя по описаниям древних писателей, в Испании, может быть, с конца II тысячелетия до н. э.[1], в эпоху расцвета Финикийских и Карфагенского государств; то же самое мы наблюдаем и в древней Ирландии[2]. Обыкновенно при этом очень быстро наталкивались на ниже лежащие руды — галенит, иногда сульфосоединения серебра, добыча которого из этих соединений была открыта очень давно. Нельзя, однако, отрицать, что мелко рассеянное самородное серебро, смешанное с серебряной чернью, эмболитом, керargиритом и т. д., составляло и составляет заметную часть серебра Южной Америки, так называемых руд «pacos», «colorados» и т. д.[3] То же было и на Алтае.

Таким образом, самородное серебро является эфемерным источником серебряных руд. Исключение составляет, кажется, только Конгсбергское месторождение в Норвегии, которое дало много тысяч тонн серебра (§ 133). Даже в таких месторождениях, как Фрейберг, где самородное серебро заведомо не раз в многовековой истории этих рудников являлось рудой, оно дало наименьшую часть всего добытого здесь серебра[4].

152. Золото в России. Месторождения золота в России очень многочисленны, но богатые (коренные и отчасти россыпи) его месторождения сосредоточены по восточному склону *Урала*, в среднем и южном его протяжении, в некоторых уездах *Енисейской*, *Забайкальской*, *Иркутской*, и *Приамурской губ.* Здесь количество отдельных приисков и заявок достигает многих тысяч, не менее 20 тыс.[5] В других частях нашей страны мы имеем относительно бедные или не очень важные месторождения.

Уже из общего исторического очерка видно, что Россия играла временами крупную роль в добыче мирового золота, причем оно добывалось в ней исключительно почти из самородного золота и электрума (реже из серебра, сернистых руд и т. д.). За 1744—1813 гг. добыто около 21 т золота. Годовая добыча (в т) колебалась в следующее столетие:

1814	— 0,3
1841—1850	— 22,0
1901—1910	— 44,9
1913	— 61,8

В общем, по официальной статистике, с 1744 по 1913 г. добыто не менее 2648,2 т[6]. Как легко видеть (§ 148), эта добыча составляет едва ли меньше $^1/_6$ мировой добычи золота. Любопытна связь с процентом суши, какую составляет Россия. Добыча в России за 10 лет увеличилась на 70% (в Трансваале — на 118%).

---

[1] Lexis, 1901, стр. 724.

[2] Kinahan, 1886, стр. 201 и сл.

[3] Об этих рудах см. любопытные указания у Domeyko, 1879, стр. 353, 355. Ср. ниже — серебряная чернь.

[4] Во Фрейбергском районе, на 55 км² с 1163 по 1896 г. добыто серебра 5242 т 957 кг, из них наименьшая часть получена из самородного. По Готтшальку, с 1163 по 1523 г. добыто здесь 1958 т 800 кг серебра (H. Müller, 1891, стр. 31). В этой более древней добыче значение самородного серебра больше.

[5] Уже в 1876 г. И. Боголюбский считал, что «число всех приисков, разведанных в золотоносных залежах», равно 10 000 (Боголюбский, 1877, стр. 20).

[6] См. «Общий обзор...», 1915, стр. 2 и сл., 10, 21.

Главную массу золота давали Урал и Сибирь. Как изменялось их участие в добыче, видно из следующих данных (в %):

	Урал	Зап. Сибирь	Вост. Сибирь
1864	23,9	5,2	70,9
1913	17,6	5,4	77,0

В Кыштымских заводах в 1912 г. добыто около 1 т золота при электролизе меди.

В общем добыча россыпного и коренного золота менялась в России так (в т):

	Урал		Зап. Сибирь		Вост. Сибирь		Вся Россия	
	россып.	жильн.	россып.	жильн.	россып.	жильн.	россып.	жильн.
1884	6,8	1,16	2,06	0,08	25,33	0,25	34,18	1,50
1894	8,1	2,53	2,70	0,10	29,26	0,25	40,98	2,88
1904	5,83	4,17	2,28	0,90	29,25	0,67	38,96	5,75
1913	5,29	6,42	1,47	1,80	46,30	0,84	52,76	9,06

Причиной малой добычи жильного золота в Восточной Сибири является неисследованность края и массовый переход к разработке мелкими артелями «золотничников». Совершенно ясно, что нами коренные запасы золота Восточной Сибири еще не тронуты.

Работы золотничных артелей портят месторождения, а между тем они получили чрезвычайное распространение (в 1913 г. 58,89% всей добычи!).

В пределах *Европейской России* нет богатых отложений золота. Значительная часть из перечисляемых ниже месторождений представляет ничтожные выделения золота, которые обратили на себя внимание только потому, что дело касается такого ценного минерала, каким является золото.

В *Архангельской губ.*, в *Кемском у.*, в Воицком руднике[1], который разрабатывался в XVIII столетии, золото находится в кварцевой жиле в тальковом сланце с кальцитом, тетрадимитом, молибденитом, борнитом и другими медными соединениями[2]. Золото нередко находится в тесной связи с борнитом, произошло из него, кое-где покрыто ковеллином. В жиле попадались значительные самородки золота (до 400 г) губчатого строения; в этих древовидных массах золота можно видеть отдельные кристаллы {100}, реже $\{\bar{1}\bar{1}1\}\cdot\{111\}$ (коллекция Академии Наук). Золото попадалось и в некоторых других жилах по р. Выгу. Здесь же есть очень бедные золотые россыпи[3]. Мощные фальбанды, содержащие Au, найдены среди роговообманковых сланцев и гнейсов около с. Керети на п-ове Карташ, на о-ве Кереть и в восточной части о-ва Великого. Д. С. Белянкин нашел их на Луде Паленой и у Пердунихи. Золото (может быть, серебристое) находится, должно быть, в самородном состоянии (возможно,

[1] Нефедьев (1871, стр. 12) считал это золото медистым. Это неверно. Анализ Ненадкевича (см. Ненадкевич, 1907, стр. 82; Вернадский, 1907, стр. 28) дал для этого золота: 89,76% Au, 9,45% Ag, 0,35% Cu, сл. Pb, при уд. весе 17,96. О Воицком руднике см. еще Озерецковский, 1792, стр. 259 и сл.; 1793, стр. 346.

[2] Георги, 1798 (1), стр. 136; 1798 (3), стр. 362; Лопатинский, 1826, стр. 76; Граматчиков, 1828, стр. 25; Бутенев, 1837, стр. 388; Иностранцев, 1877, стр. 678; Майер, 1907, стр. 277 и сл. С 1745 по 1794 г. добыто более 72 кг золота — Лопатинский, 1826, стр. 77—83. Ср. документы у Рожкова, 1885, стр. 298. Золото открыто в 1744 г.; раньше его принимали за «желтую медь», собирали и «расковывали молотком» в течение нескольких лет. См. у Рожкова старинные указания Н. С. Ярцова.

[3] Бутенев, 1837, стр. 385—400; Макеровский, 1851, стр. 10.

в виде кюстелита), не в колчедане, так как в шлихе колчедановой зоны его гораздо меньше, чем в самой породе. Среднее содержание — 1,3 г золота на 1 т[1]. Для *Лапландии* см. сомнительные указания Н. Дергачева (1877, стр. 14). В *Онежском у.* известно оно на Медвежьем острове, на Белом море[2]. В пределах *Печорского у.* есть бедные россыпи в отрогах Урала (§ 153).

На *Новой Земле* Сидоров (1877) указывал на нахождение золота в речках и ручьях, впадающих в море в Костином и в Маточкином Шаре[3].

Во *Владимирской губ.*— бедные россыпи в песчаных отложениях *Гороховецкого у.*, около Гороховца[4]. В *Муромском у.* встречено в р. Оке около *Мурома*, в песке (§ 127)[5].

В Екатеринославской губ., в *Бахмутском у.*, указывалось нахождение золота в конгломератах ртутного месторождения в Софийском районе, близ Никитовки; требует подтверждения[6]. На возможную золотоносность рек Кальмиуса и Кальчика указывал Иваницкий (1833, стр. 59, 63); названия рек также указывают на это: *каль* — золото, *миус* — река.

В *Области Войска Донского*[7], в *Миусском окр.*, в Нагольном Кряже, в Остром Бугре и около слободы Бобриковой-Петровской,— в верхних частях кварцевых жил (до 13 г, в среднем, на 1 т кварца), в связи с пиритом (частью мышьяковистым) и арсенопиритом в каменноугольных песчаниках[8]. Золото находится также в цинковой обманке и галените. Видимое золото — в виде дендритов, налетов, кристаллов.

В *Вятской губ.*, в *Слободском у.*, довольно ясные россыпи около Холуницкого завода[9]; очень мелкое в глинах и песках *Нолинского у.*, около дер. Мыз и в *Сарапульском у.*, на землях Камско-Воткинского завода,— россыпи, очень бедные золотом[10]. Следы золота в *Малмыжском у.*, около Малмыжа[11].

В *Московской губ.*, в *Московском у.*, около г. Москвы и в ее пределах (Лосиный остров), и в *Дмитровском у.*, около ст. Икша, находятся очень бедные ледниковые россыпи[12] (§ 127).

В *Новгородской губ.*, *Боровичском у.*, около Боровичей, золото указано в каменноугольных колчеданах, минерализующих стигмарии[13].

В *Олонецкой губ.*, в *Повенецком у.*, повидимому, встречалось в медном

---

[1] Гинзбург, 1921, стр. 13 и сл.

[2] «Зернами и налетами, в жильной породе и буром марказите». Ср. Георги, 1798 (3), стр. 359.

[3] Жилинский, 1919, стр. 202.

[4] «Горн. журн.», 1828, № 12, стр. 19 и сл.

[5] Паллас, 1773 (2), стр. 57.

[6] Марков, 1917, стр. 4.

[7] О нахождении шариков золота (82% Au и 14% Ag) в мелком конгломерате близ хутора Даровки на р. Несветае см. Мевиус, 1873, стр. 260—261 (требует подтверждения?).

[8] Чернышев и Романовский, 1895, стр. 230; Еремеев, 1895, прот., стр. 60. Самойлов, 1906, стр. 86 и сл. Кристаллы {111}, {1$\bar{1}$1}, {100}. Тетраэдры развиты неравномерно. Анализ кристаллов дал Самойлову 85,2% Au и 14,7% Ag. К сожалению, анализ сделан над смесью более темного и более светлого золота. Не исключена возможность нахождения здесь электрума.

[9] Д. Соколов, 1825, стр. 152.

[10] Гурьев, 1832, стр. 375.

[11] Erman, 1833, стр. 250—251.

[12] А. Иванов, 1907, стр. 7—9.

[13] Ячевский, 1894, стр. 140.

руднике «Надежда»[1]; признаки золота известны в медных рудниках у Пергубы. Следы золота в россыпях[2].

В *Пермской губ.* (вне Урала — § 153), в *Красноуфимском у.*, в области Артинского завода,— очень мелкое золото, бедные россыпи. Наиболее богаты пески по р. Курке, близ дер. Поползухи[3] (ср. § 130).

В *Таврической губ.*, в *Мариупольском у.*, — в жильных кристаллических породах (§ 113). О сомнительных и неверных указаниях для Крыма см. П. Двойченко (1914, стр. 45).

В *Тверской губернии, в Осташковском у.*[4], около Андреаполя на Двине,— очень бедные россыпи[5].

В *Уральской обл.*, на западных склонах Мугоджарских гор (ср. § 157), следы россыпного золота наблюдаются в аллювиальных долинах р. Ак-Тыкенды (бассейн Эмбы), к северо-западу от Айрюка, и рек Терс-Бутака и Тык-Бутака (бассейн р. Ори),— может быть, в связи с кварцевым порфиром и жильным кварцем[6].

153. Главные месторождения золота, как коренного, так и россыпного, сосредоточены, однако, на *Урале*, в пределах как *Пермской*, так и *Оренбургской*, местами в прилегающих участках *Уфимской*, *Архангельской* и *Вологодской губ.*[7] В общем, уральское рудное золото менее богато золотом, чем россыпное; так, в *Екатеринбургском окр.* оно заключает 88,29% Au, тогда как россыпное в том же округе — 90, 52% Au, а в *Златоустовском* даже 92,63%[8].

Золотоносные россыпи, постплиоценовые, главным образом аллювиальные или элювиальные, являются до сих пор важным источником уральского золота. Почти половина уральского золота идет из россыпей. В 1905 г.— последний год, за который опубликованы статистические данные,— добыто 3,5 т золота из россыпей и 4,1 т из коренных месторождений[9]. Их разрабатывается несколько сот (в 1905 г. более 700, в начале 1880-х годов — более 400). Самая обычная толщина золотоносного слоя 0,5—1 м. Длина — от 20—30 м до 0,5 км, редко считается

---

[1] Ренованц, 1781, стр. 145.

[2] Бутенев, 1838, стр. 332. Ср. Иностранцев, 1877, стр. 682.

[3] Вагнер, 1840, стр. 34.

[4] Любарский, 1828 (1), стр. 129.

[5] Кроме этих месторождений, есть многочисленные указания и намеки на нахождение золота, может быть в россыпях, на юге России. Вопрос этот заслуживает гораздо более серьезного внимания, чем ему до сих пор уделялось. Отмечу здесь некоторые указания. В Полтавской губ. были находки в различных уездах, например в Хорольском, и вопрос этот обсуждался несколько лет назад в Губернском земском собрании. Нельзя не отметить также нахождение золота в колчеданах средней России (ср. § 127).

[6] Пригоровский, 1914, стр. 925.

[7] Литература о золоте на Урале огромна: Щуровский, 1841, стр. 250 и сл.; А. Карпинский, 1881, стр. 1 и сл.; Кокшаров, 1870 (2), стр. 323 и сл.; C. Hintze, I, 1898, стр. 262 и сл. Многочисленные указания в «Сборнике статистических сведений о горнозаводской промышленности России», издаваемом Ученым горным комитетом. Об открытии золота на Урале см. Гельмерсен, 1839, стр. 218. Ср. § 147. Общие соображения о золотоносности Урала в связи с теорией различной глубинности металлических месторождений см. De Launay, 1911, стр. 565. Все золото Урала Де Лонэ связывает с гранитом и относит коренные месторождения к очень глубоким горизонтам гранитных массивов.

[8] «Горн. журн.», 1828, № 6, стр. 32. Некоторое понятие о характере золота дают средние валовые пробы за много лет. Так, до 1870 г. (с 1820-х годов) мы имеем следующие средние пробы: Богословский завод — 86 $^{7}/_{8}$, Кушвинский — 83$^{1}/_{2}$, Нижне-Тагильский — 87$^{1}/_{4}$ (за 1862—1865 гг.), Екатеринбургский — 87$^{1}/_{2}$, Златоустовский — 88 (Боголюбский, 1877, стр. 25).

[9] И. Попов (ред.), 1908, стр. 1.

километрами. Ширина обычно 20—30 м. Кроме золота, уральские россыпи богаты черным шлихом, состоящим главным образом из магнетита, также гематита, хромита, титанистого железняка. Главная масса россыпей расположена на восточном склоне Урала[1].

Среди коренных месторождений все более и более значения приобретают жильные месторождения (Южный Урал).

Главная добыча жильного золота в России сосредоточена на Урале. Уральская добыча составляет 70% всего жильного золота России.

Добыча золота на Урале (в т)[2]:

	Жильное	Россыпное	Электролитическое
1884	1,17	6,80	—
1912	6,43	4,57	0,95

На самом севере Урала, в *Верхотурском* и *Чердынском у.*, в *Пермской губ.* (местами в *Печорском у. Архангельской губ.* и *Сольвычегодском у. Вологодской губ.*), мы наблюдаем бедные золотые россыпи (ср. § 159). В *Верхотурском у.* они находятся в *Лялинской даче* (§ 83), затем — южнее, по многочисленным мелким речкам бассейна Ивделя, правого притока р. Лозьвы (Малиновке, Холодной и т.д.). Золото крупнозернистое[3]. На дне Ивделя иногда находятся скопления богатых золотом гнезд. Наиболее богатые россыпи сосредоточены около Никито-Ивделя. Россыпи нередко элювиальные. Кое-где золото заключено в самой породе, например, в диабазе на р. Вияй, в роговиковых породах, связанных с диабазовыми туфами, по р. Ивделю и т. д.[4] Россыпи находятся в связи с диабазами, диабазовыми и авгитовыми порфиритами. Есть бедные россыпи и в округе *Всеволодо-благодатских* заводов[5], по мелким речкам в бассейне Лозьвы (Суходолье)[6]. В *Чердынском* и *Соликамском у.*, на западном склоне Урала, они наблюдаются по притокам Печоры (реки Безымянная, Почток и др.) и Вишеры[7]. На севере относительно наиболее богаты россыпи в верховьях р. Шудьи. В Соликамском у. разрабатывались россыпи по Кырье и Малой Косьве, в связи с платиной. Они расположены на тальково-хлоритовых сланцах, в разноцветных глинах в юго-восточном углу *Растесской дачи*, по притокам р. Тылая и т. д. Большие скопления редки. Золото довольно крупное[8]. Наибо-

[1] А. Антипов, 1860, стр. 480 и сл.; А. Карпинский, 1881, стр. 14 и сл.

[2] См. «Общий обзор... », 1915, стр. 10, 13, 27; Ярков, 1912; Прудков, 1918.

[3] Протасов, 1831, стр. 204 и сл.

[4] Е. Федоров, 1894, стр. 86 и сл.; 1897, стр. 97 и сл.

[5] Пестерев, 1839, стр. 18 и сл.

[6] А. Антипов, 1860, стр. 480 и сл. А. Карпинский, 1881, стр. 14 и сл.

[7] О золотоносных приисках по р. Велсу, притоку Вишеры, см. Чеклецов, 1834, стр. 478. О россыпях Соликамского и Чердынского Урала — П. Кротов, 1888, стр. 521. В. Н. Мамонтов передал мне следующую заметку: «Россыпное золото в 1911 г. добывалось в Чердынском у. Пермской губ. исключительно в верховьях р. Велса (левого притока Вишеры, притока Камы), по его левым притокам — рекам Талой и Большой Мартайке. Самый значительный прииск — Николаевский В. Я. Сибарева — расположен по речке Заблудящей, правому притоку р. Талой. Россыпь, шириною 36 м и толщиною больше 2 м, прикрыта на 3,8 м речниками и лежит на кварцитах. Среднее содержание Au — 0,9 г на 1 т песка. Елизаветинский прииск И. В. Прудкова по Никольскому ключу, впадающему с правой стороны в р. Талую, расположен среди метаморфических сланцев. Среднее содержание Au — 1,5 г на 1 т. Спасский прииск Г. Е. Навалихина по р. Большой Мартайке, в 9 км от ее устья, разрабатывает россыпь, лежащую на кварцитах, с содержанием лишь 0,2 г на 1 т. О россыпях Николо-Павдинского окр., связанных с кварцевыми жилами, см. еще Stahl, 1897, стр. 394.

[8] Таль, 1871, стр. 428 — по исследованию Чернова; Г. Михайловский, 1898, стр. 28—32.

лее богатыми в этой части Урала являлись россыпи левых притоков Кутима и правых—Улса[1]. Но и здесь максимум золота был 2,6 г на 1 т. Попадались самородки до 200 г (Успенский ключ, Соликамские россыпи и т.д.). Золото, повидимому, связано с метаморфическими сланцами, реже с массивными породами (россыпи, богатые платиной). Россыпи элювиальные, аллювиальные, может быть ледниковые. Мощность их незначительна. На Вишере, у устья Чувала, золото, видное глазом, находится в черном слоистом девонском известняке и в кварцевых жилах, в нем проходящих, с медными соединениями[2]. В *Северо-Заозерской даче* оно находится в кварцевых жилах. Здесь же есть и бедные россыпи. В *Южно-Заозерской даче* известны многочисленные россыпи как аллювиальные, так и элювиальные и россыпи смешанного типа. Элювиальные россыпи приурочены к массивным породам разного характера (порфириты, диабазы, туфы, порфиры) или к их контакту с известняками и сланцами. Главные аллювиальные россыпи находятся в бассейне р. Лангура[3].

В собственно *Богословском горном округе* очень богатых месторождений нет. Ежегодная добыча золота колеблется от 325 до 480—500 кг. Здесь можно различить три группы золотых месторождений[4]. Во-первых — северную, по берегам р. Сосьвы. Здесь золото, вероятно, находится в связи с выходами авгито-гранатовых пород. Коренные месторождения (кварцевые жилы) были открыты еще в конце XVIII столетия около с. Воскресенского в связи с медными рудами[5], позже найдены на р. Малом Пуе[6]. Несколько важнее россыпи[7]. Вторую группу представляют россыпи по рекам Большой Волчанке, Большому Чапу, Ларьковке и их притокам (бассейн Сосьвы). Неясно, с какими породами связано золото. В диоритах, находимых в россыпях (Кедровской, Магдалинской и др.), заключается золото, повидимому в пиритах[8]. По р. Ларьковке известны выходы кварцевых жил, бедных золотом[9]. Самые богатые месторождения наблюдаются в Песчанской группе — по бассейну р. Каменки, в области Турьинского и Фроловского рудников, по притокам, р. Каквы. Золото связано с выходами авгито-гранатовых пород — так, Архангельская золотоносная россыпь представляет элювий этих пород; в магнитных железняках по р. Какве также находится золото и т. д. В этой области находились старинные богатые россыпи, например, Петропавловская по р. Песчанке, где попадались самородки (с 13,2—13,0% Ag). Коренные месторождения — кварцевые жилы в области авгито-гранатовых пород — довольно многочисленны[9].

В *Николае-Павдинском окр.* аллювиальные россыпи наблюдаются и разрабатывались по Большой Нясьме и ее притокам, по Малой Нясьме,

---

[1] П. Кротов, 1888, стр. 521, 522, 516; Белоусов, 1893, стр. 103.

[2] Штукенберг, 1902, прот., стр. 44 и сл. Ср. Нефедьев, 1871, стр. 11.

[3] Левинсон-Лессинг, 1900, стр. 70.

[4] Е. Федоров и В. Никитин, 1901 (3), стр. 96 и сл.

[5] М. Карпинский, 1840 (3), стр. 219. Характер месторождения остался неясным и богатство также. О нахождении в диоритах см. Щуровский, 1841, стр. 281.

[6] G. Rose, 1837, стр. 421. Другие указания: «Горн. журнал», 1839, II, стр. 212. По Розе, 86,51% Au, 13,19% Ag в золоте Петропавловской россыпи.

[7] О Богословских россыпях см. Чеклецов, 1827, стр. 102; 1832, стр. 163 и сл.; G. Rose, 1837; Гельмерсен, 1843 (2), стр. 156 и сл.; Таль, 1871, стр. 429; Е. Федоров и В. Никитин, 1901 (3); «Горн. журн.», 1832, I, стр. 163 и сл.

[8] М. Карпинский, 1840 (2), стр. 200.

[9] Е. Федоров и В. Никитин, 1901 (3), стр. 90—95. Песчанские россыпи открыты в 1829 г. Бабушкиным. См. Гельмерсен, 1843 (2), стр. 159.

по притокам р. Ляли, р. Лати (Питателевский прииск). Россыпи эти развиты главным образом в области метаморфических пород (тальковых сланцев и др.)[1]. Они связаны с кварцевыми жилами (около Сухогорского завода). В некоторых россыпях (Нясьминские) попадались самородки золота до 400 г и более[2]. Коренные месторождения известны в виде кварцевых жил у р. Оленьей Травянки. Эти жилы проходят в оригинальной породе, близкой к пегматиту[2].

В *Знаменской* и *Вагранской дачах* россыпи известны по системам рек Лобвы, Сосьвы, Ваграна, Каквы, Ляли и т. д. В *Пашийской даче* (в *Пермском у.*), на западном склоне Урала, бедные россыпи (до 1,5 г на 1 т) найдены в верховьях рек Вежая и Вильвы (бассейн р. Чусовой)[3].

В *Северо-Верхотурском окр.*, в *Лялинской даче*, в 1913 г. Еленинский прииск дал около 67 кг золота[4].

В *Южно-Верхотурском окр.* значительное количество россыпей, содержащих вместе с золотом некоторое количество платины, известно в *Кушвинской* (*Гороблагодатской*) *даче*; таковы Царево-Александровская россыпь по р. Уралихе, россыпи по р. Серебряной (бассейн Чусовой), Салде (бассейн Туры) и т. д.[5] Россыпи в общем не очень богатые, узкие, длиною 50—600 м. Впервые золото было найдено в 1823 г. Згибловым на западном склоне Урала[6]. Россыпи частью элювиальные, частью пловучие (§ 127). Одной из самых богатых была россыпь по р. Глубокой (ширина 15—30 м, длина свыше 3 км, золота до 10—11 г на 1 т.); обыкновенно золота меньше (0,4—1 г на 1 т в 1830-х годах)[7]. Золото всегда находится с платиной, причем иногда в вершинах россыпи находится золото, а к устьям преобладает платина (реки Пектыш, Нижняя Талица и др.)[8]. В платиновых россыпях (§ 83) также находится золото. Аналогичны россыпи по р. Серебряной, в *Серебрянской* и *Баранчинской дачах*. В *Баранчинской даче*, в бассейне р. Баранчи, золото находится в россыпях — частью с платиной (в области габбро), частью без нее (в области кислородых пород)[9]. Коренные месторождения наблюдаются в форме кварцевых жил в сиенито-гнейсах, диоритах и т. д. на границе с Нижне-Тагильским окр. в системе рек Большой Имянной, Лаи, Глубокой[10]. В 22 км от Кушвинского завода есть выход кварцевой золотоносной жилы[11].

В *Бисерском окр.* россыпи открыты в 1824 г. в бассейне р. Чусовой (Крестовоздвиженская россыпь на р. Полуденной, россыпи по р. Северной и т. д.); частью золото сопровождает платину (§ 83). Одно время россыпи разрабатывались по р. Большой Имянной (Лобовский прииск) и т. д.[11] В Адольфовской россыпи золото сопровождается алмазом и большим количеством пирита[12].

---

[1] М. Карпинский, 1833, стр. 186 и сл.; G. Rose, 1837, стр. 390.

[2] Зайцев, 1892, стр. 31, 76. Породы состоят из кварца и ортоклаза (отчасти плагиоклаза). Не имеем ли мы здесь дело с аляскитом? (ср. § 114).

[3] О россыпях по рекам Глубокой и Пектышу см. Кокшаров, 1849, стр. 344.

[4] См. «Общий обзор...», 1915, стр. 30.

[5] О золотых россыпях см. Голляховский, 1827(2), стр. 22 и сл.; Архипов, 1833, стр. 326 и сл.; Сивков, 1836, стр. 250 и сл.; G. Rose, 1837, стр. 351; Кокшаров, 1849, стр. 337; Еремеев, 1859, стр. 599.

[6] Голляховский, 1827(1), стр. 35.

[7] Сивков, 1836, стр. 252.

[8] Зайцев, 1898(3), № 20—22.

[9] Кондыкин, 1911, стр. 328.

[10] А. Карпинский, 1881, стр. 7.

[11] Краснопольский, 1890, стр. 187 и 1908, стр. 82.

[12] G. Rose, 1837, стр. 358. По указанию Полье.

Многочисленные россыпи разрабатывались в *Нижне-Туринской*[1] (по Талице, Елиху и др.) и *Верхне-Туринской дачах*, по системам рек Туры, Салды и т. д. Близ дер. Северной на перевале Урала находятся золотоносные кварцевые жилы в сланцах[1].

В *Нижне-Тагильском окр.* наиболее значительные россыпи сосредоточены по берегам р. Тагила и его притоков, также по логам западных отрогов горного хребта, между Нейвой и Тагилом; менее богатые сосредоточены по восточным отрогам. Первый бедный прииск (Ключевский) открыт в 1822 г. Одним из богатейших является Вилюйский прииск, открытый в 1824 г., когда из него было добыто 432 кг золота; местами 1 т песка давала 250 г золота. С 1824 до 1842 г. прииск дал 1,75 т золота. В нем находили много кристаллов магнетита, псевдоморфоз лимонита по пириту, небольшую примесь платины. Шилово-Бортевская россыпь в Нижне-Тагильской даче разрабатывается с 1828 г. до сих пор и до 1895 г. дала 1,84 т золота[2]. По р. Порожной в россыпях встречается крупное ветвистое золото[3]. Нередко встречались самородки (по Малой Теляне — свыше 2 кг). В Березовской россыпи на восточных отрогах Урала Швецов наблюдал титанистый железняк с включениями золота. По анализу Розе, золото из этих россыпей содержит от 5,23 до 16,15% Ag (Борушская россыпь)[4]. Золото находится и в платиновых россыпях округа (§ 83). Встречено в коренных месторождениях, в кварцевых жилах (с галенитом) в рудниках Павловском (1831 г.), Анатольевском (1832 г.)[5], Уткинском[6], Надпорожинском[7] и др. Любопытно, что местами здесь золото связано с медным колчеданом (например, в Андреевском руднике)[8].

В *Невьянском окр.* любопытны старинные коренные разработки, повидимому, типа контактовых жил, аналогичных березовским. Золото, по Розе, содержало 10,64% Ag (§ 117, 154). Коренные месторождения известны также в виде обычных кварцевых жил (до 1,5 м мощностью) и во многих других местах (около 2-го Ключевского прииска много золота было «в виде проволок» и т. д.)[9]. Эти коренные месторождения подчинены большей частью порфиритам. Порфирит около жил проникнут пиритом и богат золотом (рудники близ Конева, Невьянска и т. д.). Некоторые жилы подчинены сланцам, иногда гранитам (Редкинский прииск около Конева)[10]. Россыпи начали разрабатываться в 1822 г. Они сосредоточены главным образом по Нейве, Богные, Аяти и т. д. Бóльшая часть россыпей расположена по долинам и логам округа золотоносных песков (35 см — 1 м), 0,5—0,8 г золота на 1 т песка; большая часть их бедные. Сопровождается золото платиной и осмистым иридием[10] (§ 83, 85, 96). Из россыпей богаты были Нейвинская и Нейвинско-Столбинская, причем Нейвинская россыпь являлась, повидимому, элювиальной в связи с выходами серпентиновых пород[11].

---

[1] Краснопольский, 1890, стр. 187 и 1908, стр. 82.
[2] Краснопольский, 1908, стр. 82.
[3] Там же.
[4] Об этих россыпях см. G. Rose, 1837, стр. 312 и сл.; 1842(1), стр. 145; Колтовской, 1846, стр. 199 и сл.
[5] Колтовской, 1838, стр. 424, 431.
[6] Бутенев, 1834, стр. 442.
[7] Щуровский, 1841, стр. 280; Колтовской, 1846, стр. 302.
[8] Романовский, 1852, стр. 141.
[9] А. Карпинский, 1881, стр. 6—7.
[10] Краснопольский, 1906, стр. 98, 83, 97.
[11] G. Rose, 1837, стр. 294. Ср. об оригинальной россыпи, повидимому очень древней, около Невьянска — Гельмерсен, 1843(2), стр. 215.

154. В *Екатеринбургском у.*, в *Верх-Исетском окр.*, около Мостовой, россыпи известны в связи с выходами серпентина и березита (Верхотурская россыпь)[1]. В разрушенных березитовых выходах наблюдаются иногда превосходно выраженные кристаллы, дендриты, пластинки золота[2]. Другие коренные месторождения аналогичны Невьянским — кварцевые жилы в порфиритах (у с. Аятского, около Кунары и т. д.). Около оз. Аятского золото находится в антимоните, заключенном в кварцево-халцедоновой породе (коллекция Академии Наук). В *Верхне-Тагильской даче* бедные аллювиальные россыпи расположены по р. Тагилу и его притокам[3]. Золото рассеяно в колчеданах в самородном состоянии в Белореченском месторождении, в 8 км от ст. Нейво-Рудянск. На 1 т колчеданы содержат 8—21 г Ag и 5—21 г Au[4]. Разрабатывается месторождение открытыми работами. В Шуралинском участке в последнее время также начали разрабатываться золотые россыпи. В *Обще-Верх-Нейвинской даче*, в долине р. Нейвы, сосредоточены богатые россыпи. Здесь же в области туфово-сланцевых пород находятся кварцевые жилы, содержащие пирит, золото, карбонаты (Капотино и др.)[5]. Генезис этих жил сложный и невыясненный — иногда пневматолитического характера, с турмалином (Ягодный прииск). Золото находится и в окружающих породах[6].

Бедные, мало изученные россыпи расположены в *Ревдинской даче*, в бассейне р. Чусовой (Ельчевка и др.). Есть золотоносные коренные отложения, плохо изученные, связанные с выходами массивных пород, березитом и медными рудами, например Пышминско-Ключевский медный рудник — контакт типа Березовска? (§ 117)—или Пробойный рудник около Режевского завода[6].

Гораздо важнее месторождения *Северного* и *Южного Екатеринбургских горных округов*. Богатейшие коренные месторождения сосредоточены около Березовска[7]. Здесь иногда попадаются кристаллы золота[8], например, в Преображенском руднике — {100}, {100} · {111}; также наблюдались в нем и более редкие формы — {113}, {124} и т.д. В руднике этом железная шапка и верхние части жил были чрезвычайно богаты золотом в виде самородков[9]. Золото содержит 5,9—8% Ag. Месторождения, аналогичные Березовским, наблюдались на р. Исети около Уктуса, около дер. Шилово-Исетской[10] (§ 120), по обоим берегам р. Чусовой, около дер. Макаровой и

---

[1] G. Rose, 1837, стр. 288.

[2] Превосходные образцы в коллекции И. Н. Крыжановского. О кристаллах золота из Екатеринбургских промыслов — Е. Федоров, 1909, стр. 311.

[3] В. Никитин, 1907(1), стр. 154—155.

[4] Бобр, 1914, стр. 147.

[5] В 1913 г. из Капотина добыто около 49 кг золота («Общий обзор...», 1915, стр. 31).

[6] В. Никитин, 1907(1), стр. 170 и сл., 180, 201 и сл., 222; А. Карпинский, 1881, стр. 6—7.

[7] См. литературу в § 117. Сверх того, очень интересны старинные указания И. Германа (1789(2), стр. 106 и сл.). См. А. Виноградский, 1821, стр. 191 и сл.; Паллас, 1786, стр. 208 и сл.

[8] О кристаллах золота Екатеринбургского окр. см. Чайковский, 1830, стр. 298; G. Rose, 1831, стр. 198; 1837, стр. 198; Fletcher, 1880, стр. 185; Еремеев, 1894, стр. 363 (в Кремлевском золотом руднике).

[9] Колобов, 1836.

[10] И. Герман, 1789(1), стр. 190 (разрабатывался с 1745 по 1755 г.); G. Rose, 1837, стр. 177; Щуровский, 1841, стр. 278. Старинный Шилово-Исетский рудник открыт для золота раньше Березовска, т. е. раньше 1745 г. Он потом был заброшен и затерян (П. Чупин, 1892, стр. 112 и сл. И. Герман, 1807(2), стр. 32). Золото встречалось проволочное, пластинчатое, зерна — главным образом в кварцах с измененным пиритом. Более богатое золотом, чем березовское (230 г Au и 13 г Ag на 1 т); иногда — как пыль. Встречались мохообразные и дендритовые формы. Изред-

Кургановой в *Северской даче*[1]. Здесь давно, в 1804 г., открыты были рудники Крылатовский, Бабинский и др[2]. Золото находится в кварцевых жилах, в связи с пиритом. Жилы пересекают тальковый и хлоритовый сланцы и березит. На Мурзинской площадке золото, частью химически связанное, находится вместе с медными и свинцовыми рудами (блеклой рудой, галенитом, пиритом и т. д.). В Благодатных рудниках — кварцевые жилы контактового характера, в связи с березитовыми порфирами. В той же области находятся кварцевые жилы Шульгинского и Кремлевского золотых рудников, связь которых с порфирами более отдаленная и которые бедны сернистыми телами[3]. В Кремлевском прииске попадались золото в виде великолепных пластинок (коллекция Академии Наук).

Коренные месторождения в виде золотоносных кварцевых жил в березите наблюдались еще около дер. Становой, на восток от Екатеринбурга[4].

Кое-где месторождения, связанные с березитом, дали элювиальные россыпи, например очень богатая Бугровская россыпь в бассейне Чусовой[5]. Чрезвычайно многочисленны аллювиальные золотоносные россыпи[6]— по рекам Исети (частью в *Камышловском у.*), Пышме, Большому и Малому Рефту и т. д.,—например Нагорная (с прекрасными кристаллами гематита), Калиновская (с киноварью) и т. п. Впервые золото в россыпях было найдено в 1814 г. Ф. Брусницыным (1864, стр. 378). В рудниках по Большому Рефту (например, в рудниках бывших Поклевских) встречались превосходные пластины золота. Золото встречалось в кварцевых жилах, в тальково-хлоритовых (?) сланцах (коллекция Академии Наук). Золотоносные россыпи тянутся и южнее, к Сысертску. Таковы Шабровские россыпи (кристаллы $\{111\}\cdot\{1\bar{1}1\}$ — очень чистое золото, содержащее 98,96% Au) или россыпи около Горношита[7] (в россыпи Болотовской попадались кристаллы золота—$\{111\}\cdot\{1\bar{1}1\}$ и $\{110\}$, бывали и самородки)[8]. Они образовались разрушением жильных месторождений, может быть связанных с березитом.

В *Сысертском окр.* россыпи давно известны в бассейне р. Чусовой. Некоторые из них (например, Железинская россыпь по р. Железинке) были очень богаты, вначале давали 185—190 г. на 1 т[9]. Оригинальные пластинки золота встречались в россыпях по Юзельскому логу, с преобладанием форм $\{1\bar{1}1\}\cdot\{111\}$, нередки двойники по $\{111\}$[10] (рис. 33, 38 на стр. 132 и 134). Около Верхне-Сысертского завода встречены кварцевые золотоносные жилы, подчиненные и согласно пластующиеся с гнейсами. Россыпное золото давно выработано[11].

ка —{111} (очень мелкие). В Смолинском руднике попадалась «сухарная» руда (§ 117), аналогичная березовской. См. Георги, 1798(3), стр. 359. Ср. ниже — о бисмутаурите — § 179.

[1] О золотых россыпях Шайтанской дачи в речках бассейна Чусовой (Ельничной, Шайтанке, Мариинке, Талице и т. д.) см. Н. Смирнов, 1910, стр. 118 и сл. Когда-то здесь шла богатая добыча. Сейчас россыпи почти выработаны. Повидимому, они связаны с кварцевыми жилами и диоритами.

[2] Томсон, 1835, стр. 190 и сл.; Щуровский, 1841; А. Карпинский, 1881, стр. 6.

[3] В. Никитин, 1907 (1), стр. 224 и сл. и 272 и сл.

[4] А. Карпинский, 1881, стр. 6.

[5] Томсон, 1835, стр. 195.

[6] G. Rose, 1837, стр. 227 и сл., 281.

[7] G. Rose, 1837, стр. 158, 258 и сл.; Pošepny, 1895(2), стр. 530.

[8] Рудаков, 1835, стр. 226 и сл. Эта россыпь очень богата тальком и магнетитом. Золото «медно-золотого» цвета: медистое золото?

[9] Томсон, 1835, стр. 191 и сл.

[10] Helmhacker, 1877, стр. 1.

[11] Штукенберг, 1894, стр. 56. В Сысертском округе старателями был

В *Уфалейском окр.* около Уфалейского завода, находятся коренные месторождения, аналогичные Березовским[1]. Бедные рассыпи встречены среди слюдяных сланцев по рекам Суховязу и Анцыфировке[2], несколько более богатые развиты среди змеевиков и хлоритовых сланцев, большей частью — выработанные.

В *Западно-Екатеринбургском горном округе*, в *Кыштымских заводах*, известны многочисленные россыпи, в значительной мере выработанные[3]. Генезис их различен; так, около р. Барзовки давно известны россыпи в связи с выходами барзовита[4]. Россыпи *Кыштымской дачи* — по р. Миассу и его притокам (Киолиму и т. д.),— повидимому, связаны с разрушением кварцевых жил, может быть пород, содержащих золото. Так, очень богатые россыпи образовались около Соймоновска в связи с выходом серпентиновых пород; золото встречается вместе с платиной и осмистым иридием; титанистый железняк нередко содержит золото[5]. Коренные месторождения Кыштымской дачи открыты в последние годы. В Соймоновской долине наблюдаются золотосодержащие лимониты, являющиеся железной шапкой жильных выделений пирита, содержащего золото. Тело жилы богато баритом и кварцем (Смирновский рудник). Эти образования находятся среди метаморфических пород. В лимонитах золото находится иногда в самородках. В западной части Соймоновской долины известны кварцевые золотоносные жилы. Около Сак-Элгинских выселков проходит жила доломита в метаморфических сланцах, содержащая золото[6].

Россыпи *Каслинской дачи* по рекам Большому Мауку, Хмелевке и др., связаны, повидимому, также с кварцевыми жилами и золотосодержащими метаморфическими породами. По р. Хмелевке и Мочалину логу известны выходы коренных месторождений — пластинки золота в кварцевых выделениях, также на превращенных в лимонит пиритах; иногда кристаллы $\{111\}\cdot\{1\bar{1}1\}$ и двойники. Коренные породы—хлоритовый сланец — по р. Большому Мауку содержат небольшие количества (110 мг на 1 т) золота[7].

Бедные россыпи и золотоносные кварцевые жилы известны в *Златоустовском окр.*, *Златоустовском у. Уфимской губ.*, на западном склоне Урала, например по рекам Кусе и Изранде[8].

155. В *Оренбургской губ.*, в *Троицком у.*, в *Миасской даче* и на землях *Оренбургского Казачьего Войска*, расположены многочисленные месторождения золота, как коренного, так главным образом россыпного[9].

однажды найден самородок сурьмянистого золота, отличавшийся по цвету (беловато-желтому) от обычного золота. По анализу в нем оказалось 54,69% Au, 40,22% Ag, 3,42% Sb, 1,62% Fe, 0,07% Cu. По наружному виду его нельзя было признать за искусственный продукт. Больше таких самородков не встречалось. См. «Горн. журн.», 1871, II, 121—122. Ср. § 120.

[1] И. Герман, 1797, стр. 143—144; G. Rose, 1842 (1), стр. 156.

[2] Н. Барбот де Марни, 1861, стр. 400; Штукенберг, 1889, стр. 83.

[3] Зайцев, 1884, стр. 32; Д. Николаев, 1902, стр. 56 (литература).

[4] G. Rose, 1842 (1), стр. 148.

[5] Там же, стр. 145. Очень может быть,— не титанистый, а хромистый железняк.

[6] Д. Николаев, 1902, стр. 64; А. Николаев, 1908, стр. 494 и сл.; 1912, стр. 182; Сущинский, 1904, стр. 254.

[7] Сущинский, 1904, стр. 231.

[8] Нестеровский, 1835, стр. 453; Мушкетов, 1878 (2), стр. 160.

[9] Об этих месторождениях см. Дрозжилов, 1828, стр. 18 и сл.; Энгельгардт, 1829 (1), стр. 335 и сл.; G. Rose, 1842 (1), стр. 23 и сл.; Мушкетов, 1873, стр. 84; 1877, стр. 262 и др.; Pošepny, 1895 (2), стр. 553; А. Карпинский, 1881, стр. 7; Тихонович, 1918.

В северной части Миасской дачи рудные и россыпные месторождения сосредоточены около сел. Андреевского. Здесь кварцевые жилы развиты в области метаморфических сланцев (Гора Наелая, Старо- или Перво-Андреевский рудник и т.д.)[1]. Коренные месторождения известны с 1796 г.[2]; большей частью это кварцевые жилы, тесно связанные местами с березитом, гранитом. Кое-где здесь встречались самородки in situ. Таковы рудники

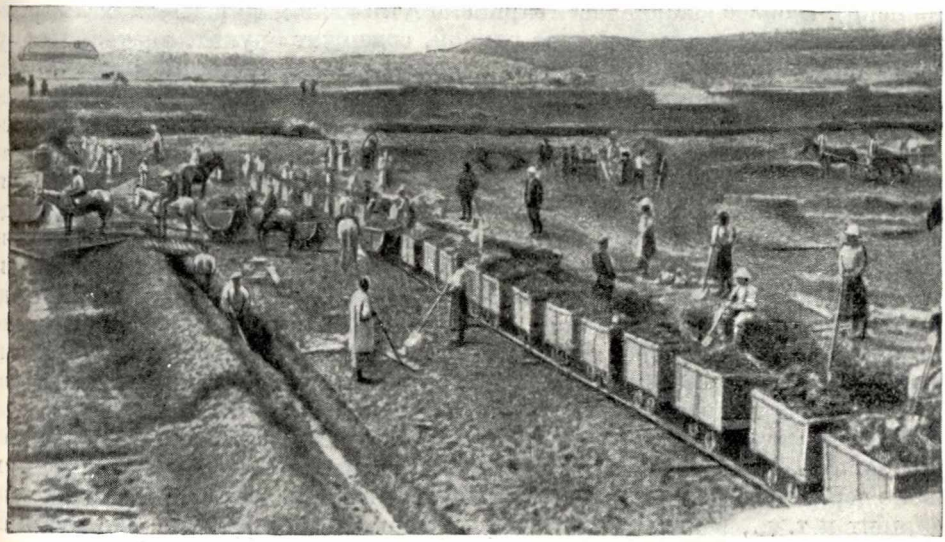


Рис. 60. Иремельский прииск около Миасса, Урал.
Фото Арсеньева в Златоусте в 1890-х годах

Петропавловский, Перво-Павловский[3], Мечниковский, Смоленский, Владимирский, Кащеевский, Кулюшинский[4] и т. д. Золото попадалось в биотите и в самой породе. Так, оно найдено в змеевиках около Каскиновского прииска[5], в хлоритовых сланцах около Верхне-Андреевского[6] и т. д.

Главная масса россыпей расположена в средней части, в долине Миасса (рис. 60) и Атляна. Здесь некоторые россыпи явно элювиальные и произошли разрушением гранитных пород[7] или серпентинов[8], содержащих золото, иногда кварцевых жил. К числу последних принадлежат россыпи вдоль горы Березовой, где найдены и коренные месторождения в виде кварцевых жил в разрушенных диоритах[9]. Богатейшую часть этих мест

---

[1] Романовский, 1868, стр. 517 и сл.; Мушкетов, 1877, стр. 286.
[2] G. Rose, 1842 (1), стр. 36; Озерский, 1843 (2), стр. 234; С. Кулибин, 1883, стр. 402 и сл.; Апыхтин, 1888, стр. 179; Pošepny, 1895 (2), стр. 576 и сл.
[3] Энгельгардт, 1829 (1), стр. 340 и сл.
[4] Золото в ортоклазе — Чернышев, 1889 (3), стр. 347.
[5] Антипов, 1860, стр. 483.
[6] Мушкетов, 1873, стр. 86, 92.
[7] Например, Фулловский прииск (Н. Барбот де Марни, 1857, стр. 526; Мушкетов, 1873, стр. 92).
[8] Антипов, 1860, стр. 483; А. Карпинский, 1881, стр. 14,— Каскиновская дистанция. Россыпи возобновляются разрушением плотика.
[9] Энгельгардт, 1829 (1), стр. 342; Мушкетов, 1877 (1), стр. 295.

представляет долина р. Ташкутарганки[1], где золото найдено было в начале XIX века. Здесь находили нередко самородки (Царево-Николаевский рудник)[2], в этой долине, в Царево-Александровском прииске, найден самый большой самородок—около 35 кг чистого золота[3] и т. д.

В северной части Миасской дачи золотоносные пески крупнозернисты, малоглинисты, богаты галькой, содержат циркон, корунд, гранат. Постелью служит хлоритовый сланец (например, Андреевский, Миасский прииски). В более южной части (прииски Атлянский, Царево-Александровский и т. д.) пески мельче, богаче глиной, содержат брукит, анатаз. Почву составляет энкринитовый известняк. В самых южных частях (Ифименьский, Мулдакаевский прииски) россыпи очень глинисты. Из минералов встречается только лимонит; постель — змеевик. Наиболее богаты золотом россыпи в районе известняков[4]. Ниже впадения Иремеля, в долине Миасса, наблюдаются уже менее значительные россыпи. Коренные месторождения золота в *Миасской даче* (кварцевые жилы с пиритом, арсенопиритом, медными соединениями и т. д.) встречены в Царево-Александровской дистанции (Петропавловский, Николаевский, Владимирский, Кащеевский и Кулюжинский рудники). В Мулдакаевской дистанции — Орловский рудник. В Андреевской дистанции любопытно Наелинское месторождение (по р. Наеле) в каолиновой жиле[5]. Некоторые из этих коренных месторождений, например старинное Степное месторождение, начали вновь разрабатываться в последнее время[6].

Южнее, по дороге к Качкару, также известны коренные месторождения золота. Из них можно отметить Владимирско-Богородский рудник около дер. Камбулат — кварцевые жилы, содержащие пирит, галенит, халькопирит и т. д., и аналогичный ему Травниковский рудник. Эти кварцевые жилы расположены в разрушенном диорите[7]. В том же районе (станиц Кундравинской, Степной[8], Травниковской, Уйской и т. д.) известны многочисленные россыпи.

В Нижнеувельском месторождении медных руд (около ст. Нижнеувельской) крупинки золота встречаются в гранатовой жиле вместе с кислородными соединениями меди. Вероятно, это месторождение аналогично указанным в § 156 месторождениям Верхнеуральского у.

Богатейшим коренным месторождением золота Урала является, однако, так называемая *Качкарская система* рудных месторождений около с. Качкарского (рудники Воронкова, Успенский и проч.) Здесь золотоносные месторождения расположены на пространстве 1000 км², причем богатейшие из них сосредоточены около Антипина лога, впадающего в Качкарку, и по речкам Черной и Осейке. Разработка золота в Качкарской системе

---

[1] Рихтер, 1832.

[2] Стуленко, 1829.

[3] Об этом прииске см. Редикорцев, 1832, стр. 315 и сл.; Озерский, 1843(2), стр. 236; Кокшаров, 1873, стр. 366. Заварицкий (1911, стр. 125) пытался изучить тальковые и серпентиновые породы окрестностей Царево-Александровского рудника, содержащие золото. Он (без достаточных оснований) считает, что золото было связано с пиритом. Считает аналогичными Вознесенскому месторождения около Калкана. См. § 156. Это может быть верно, но связь с пиритом сомнительна.

[4] Мушкетов, 1873, стр. 91. О кристаллах золота см. Еремеев, 1887 (1), стр. 263 и сл.

[5] К. Кулибин, 1887, стр. 196 и сл.; Pošepny, 1895(2), стр. 583 и сл.; А. Карпинский, 1881, стр. 9.

[6] И. Попов (ред.), 1908, стр. 58 и сл.

[7] Мушкетов, 1877 (2), стр. 184.

[8] Стражевский, 1838, стр. 2 и сл.; 1841, стр. 3 и сл.; Паллас, 1786, стр. 102.

началась в 1844 г., и с 1845 по 1897 г. добыто около 39,5 т золота[1]. Коренные месторождения золота представляют из себя кварцевые жилы с золотом, арсенопиритом, пиритом, галенитом, антимонитом и т. д; золото встречается также с кампилитом или пироморфитом (рис. 61). Жилы приурочены к гранитным породам, причем гранит, богатый сернистыми металлами, вблизи кварцевых жил содержит золото в таком количестве, что может разрабатываться[2]. То же самое наблюдается и для других пород, заключающих кварцевые жилы,— порфиритов, известняков и т. д. Жилы с золотом приурочены к наиболее дислоцированной части местности. В верхних частях жил золото более высокопробное (87—90%), чем в области сернистых металлов, где оно приближается к электруму (70% золота и ниже). Золотосодержащие части жилы расположены «столбами» (§ 119). В той же местности известны многочисленные россыпи. Большинство россыпей — элювиального типа. Плотик их нередко состоит из размытого известняка. В этих россыпях (по р. Каменке) интересны примеси самых разнообразных, нередко прекрасно выкристаллизованных минералов (топаз, брукит, кварц, и т. д.)[3]. На запад от Качкара, около с. Михайловского, лежат россыпи Поклевского.

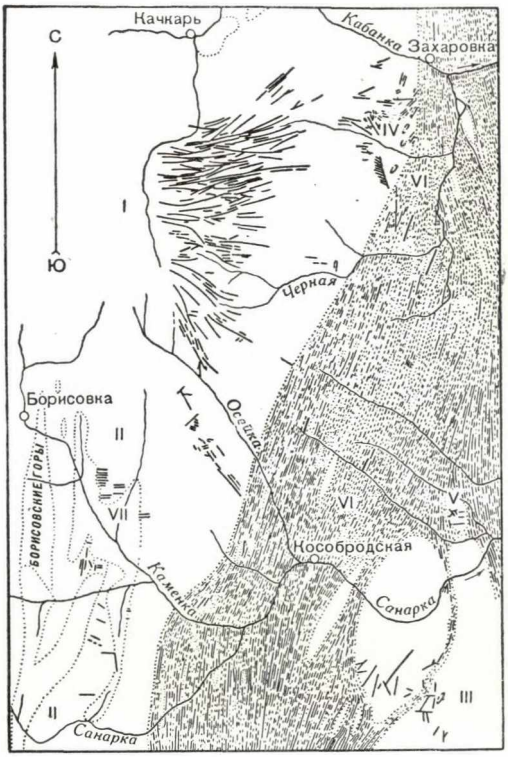


Рис. 61. Качкарская система золотоносных жил.

По Н. К. Высоцкому. *I*, *II*, *III*, *IV* — жилы в гранитах и порфирах; *V*—жилы в порфиритах; *VI*—динамометаморфические сланцы; *VII* — жилы в известняках

156. Южнее, ближе к границам *Верхнеуральского у.*, коренные месторождения развиты в *Балбукской даче*, в Каратабынской и Баратабынской волостях, частью тесно связанные с диоритовыми породами, частью с серпентином и диаллагоновым перидотитом. В габбро-диоритах наблюдаются золотоносные кварцевые жилы с галенитом (серебристым), халькопиритом, пиритом (например, в Кумачинских горах); диорит около жил сильно разрушен и переходит в серпентиновое вещество[4]. В змеевиках, тесно связан-

---

[1] Высоцкий, 1900, стр. 4—5, 16 и сл., 37 и сл. По данным в «Общем обзоре» (1915, стр. 33), в Качкарской системе с 1840 по 1860 г. преобладала разработка россыпей, позже — коренных месторождений; с 1885 г. введена химическая обработка. В 1913 г. добыто 2,46 т (1,3 т — химически).

[2] Н. Барбот де Марни, 1857, стр. 517; Высоцкий, 1900, стр. 39.

[3] Высоцкий, 1900, стр. 78 и сл. О кристаллах из россыпей ср. Еремеев, 1887 (1), стр. 263 и сл.

[4] Мушкетов, 1877 (1), стр. 313.

ных с габбро, также находятся кварцевые жилы с золотом, например около Казнахты (или Краснахты); здесь золото проникает в породу, скопляясь в асбестовых прожилках в серпентиновых штокверках (§ 116). Аналогичны месторождения около оз. Калкана (Вознесенское месторождение)[1]. Смешанный тип представляют месторождения золота около Камышана[2]. Здесь богатая карбонатами и силикатами магния жила с золотом находится на границе серпентинов (происходят из диаллагоновых перидотитов) и роговообманковой породы. Серпентины Поляковских гор и диаллагон-перидотиты около Камышана содержат золото. Коренные месторождения другого типа развиты на склонах Урал-Тау (§ 116); тут же наблюдаются выделения золота в связи с диоритами, в тонких кварцевых включениях[3]. Коренные кварцевые жилы кое-где разрабатывались (например, Ацуно-Мещерянская дача, Ильинский рудник в Тептярской даче и т. д.). В небольшом количестве золото находилось в кварцевых жилах и в старинных медных рудниках, разрабатывавшихся в XVIII столетии (например, в Никольском, около Кукушевского — 1770 г., в Поляковском, Гавриловском рудниках)[4]. Россыпи Балбукской дачи имеют большей частью элювиальный характер, или связаны с небольшими передвижениями; мощность золотоносного пласта 0,75—2 м. Россыпи лежат в верховьях Уя и его притоков. В последнее время стали разрабатываться золотоносные россыпи в пределах земель *Оренбургского Казачьего Войска*, долго считавшиеся бедными (в станицах Березинской, Великопетровской, Великоуральской, Варшавской, Магнитной и др.)[5].

В *Верхнеуральском у.* известны как коренные, так и россыпные месторождения. В бассейне р. Гумбейки (притока Урала) золото стало разрабатываться с 1890-х годов; добыча доходила до 655 кг, в 1914 г. — 230 кг. 75% золота добывалось из россыпей, 25% — жильное. Прииски сосредоточены около ст. Наваринской и пос. Требии. Коренные месторождения: 1) тонкие кварцевые прожилки, рассекающие дайки аплита и гранит-порфира, и 2) кварцевые жилы с раздувами среди зеленокаменных (частью сланцеватых) пород. Золото — бонанцами («кустами»). Россыпи, происшедшие из этих месторождений, невелики. Восточнее, в окрестностях пос. Красногорского по р. Таштыбутаку (Ольгинский прииск и др.), находятся россыпи (давшие с 1895 г. до 1,15 т золота), связанные с змеевиками. Золото находится (частью в пирите) частью в жилах из хризотила, частью в тальковой породе, включенной в змеевики. Другим районом является район Верхнего, Среднего и Нижнего Тогузаков, где золото находится в тонких и чечевицеобразных кварцевых жилах в зеленых сланцах (по р. Ольговке есть теллуристый висмут), частью в пирите[6]. Система россыпей аллювиального характера расположена в *Тептярской даче*, между реками Шагаром и Карашаром[7]. Наконец, многочисленные россыпи находятся в *Миндякской даче*, в бассейне р. Миндяка (притока Урала), и еще южнее — на восточном склоне Ирендыка, на землях Бурзянской и Карагай-Кипчак-

---

[1] А. Карпинский, 1885, стр. 331.

[2] Чернышев, 1889 (2), стр. 305 и сл.; Мушкетов, 1877 (1), стр. 315 и сл.

[3] Helmhacker, 1892, стр. 96.

[4] Паллас, 1786, стр. 150; Фальк, 1786, стр. 57 (кварцевые жилы в кремнистых сланцах); Мушкетов, 1877 (1), стр. 316.

[5] О золотых россыпях бассейна рек Уя и Увельки Оренбургского Казачьего Войска см. М. Мельников, 1889 (2), стр. 252 и сл. О нахождении здесь золота в известняках (например, Николаевский прииск около Самарского рудника), там же, стр. 273.

[6] Заварицкий, 1916, стр. 41, 43, 45.

[7] Чернышев, 1889 (2), стр. 311.

ской волостей. Всюду здесь россыпи связаны с кварцевыми жилами и диоритовыми породами[1].

В россыпях как этого уезда, так и *Троицкого* нередки кристаллы, главным образом формы {111}, {$\bar{1}\bar{1}$1}, {110}, также {311} и т.д[2]., иногда пленки на гематите (прииск Котца), титанистом железняке (Балбуковский прииск по р. Ую). В Казанской россыпи найдены валуны оригинального золотоносного конгломерата[3].

157. В *Орском у.* многочисленные месторождения расположены в бассейне р. Сувундука (притока Урала). В Айдырлинской группе известно 20 кварцевых жил, главным образом в гранодиоритах (жила Ламаная работается до 300 м наклонной глубины и больше; золота обычно немного, кустами, до 112 г на 1 т, в связи с сернистыми соединениями). Вероятно, мы имеем эндогенетические жилы. Меньшее значение имеет Синешиханская группа. Кварцевые жилы, мало изученные, находятся частью в гранитных, частью в осадочных породах. По Урус-Кискану (бассейн р. Сувундука), около пос. Елисаветинского, находятся коренные (кварцевые жилы) месторождения золота, приуроченные к гранитам[4].

В руднике «Счастливом» (на р. Сувундуке) золото находится в конгломератах[5]. Кварцевые жилы в диорите и кварцевом порфире содержат Au в Рамеевском руднике около дер. Кусиевой[6] (у оз. Султан-Куль). Другой Рамеевский рудник разрабатывал золото в верхних разрушенных частях диабазового порфирита и туфов. Золото находилось в железной шапке с лимонитом, в самородках, без кварца[6]. Кварцевые жилы встречаются и в других местах, например около дер. Шадыгаевой[6]. Около дер. Мамбетовой известны кварцевые жилы с золотом и галенитом в Таналыкском прииске[7]. Россыпи в этом уезде довольно бедные[6], они разрабатывались на дачах башкир Бурзянских волостей, в пределах земель *Оренбургского Казачьего Войска*, в Кваркенской и Таналыкской станицах. В Кваркенской станице известны и жильные месторождения.

В *Челябинском у.*, в 16—20 км от Челябинска, находится ряд коренных месторождений золота в кварцевых жилах (0,2—0,7 м, иногда до 2 м мощностью), образующих жильное поле и сопровождающих трещины, заполненные разрушенным гранитом. Жилы в глубину содержат пирит и арсенопирит (Михайло-Архангельский рудник и др.). Жилы, повидимому, связаны с гранитными породами и напоминают Качкарскую систему[8] (§ 155). Разрушением этих жильных месторождений образовались и россыпи. Россыпи разрабатывались в даче башкир Черменской волости[9].

158. Золото на Кавказе и в Закавказье известно только в небольших количествах, и бедные россыпи выработаны, повидимому, еще в очень древнюю эпоху[10]. Едва ли когда Кавказ был богат золотом. Легенды о

[1] Н. Михайлов, 1862, стр. 370 и сл. В Миндякской даче на Красной горе известно коренное золото в кварцевой жиле (Чернышев, 1889 (2), стр. 310).

[2] О форме см. Еремеев, 1887 (1), стр. 264 и сл. Уже Авдеев (1844, стр. 161) указывает {111} и дендриты золота в Ильтабанских россыпях.

[3] Н. Барбот де Марни, 1854, стр. 442.

[4] Отчет Геол. ком. за 1915 г., 1916, стр. 49 и сл., 54, 60; Антипов и Меглицкий, 1858.

[5] Еремеев, 1887 (1), стр. 266.

[6] М. Мельников, 1889 (1), стр. 377—378; Чернышев, 1892, стр. 225.

[7] Штукенберг, 1898, стр. 5.

[8] А. Карпинский, 1897, стр. 30; Ярков, 1913, стр. 12 и сл.

[9] И. Попов (ред.), 1908, стр. 42.

[10] Н. Лебедев, 1898, стр. 10 и сл. О прямых указаниях по разработке россыпей см. Страбон, изд. 1879 г., стр. 509. Возможно существование древнего рудного центра около пределов современной России, в Закавказье — см. De Launay, 1908, стр. 454 и 1910, стр. 15, 18—19.

путешествии Язона, приноровленные к Кавказу, придали ему в исторической традиции несвойственный его богатству облик[1].

В *Елисаветпольской губ.*, в *Казахском у.*, золото наблюдалось в кварцевых (частью баритовых) жилах, по берегу р. Акстафы — с аметистом, галенитом, азуритом и т. д. Самородное золото находится и в разрушенном сиенитовом порфире[2]. В *Елисаветпольском у.* — в песке р. Ганжинки, в г. Елисаветполе[3]. В бассейне Куры (реки Кура, Акстафа, Дамблудка и т. д.) имеются в разных местах очень бедные россыпи, как современные речные, так и более древние аллювиальные[4].

В *Закатальском отделе*, около Закатал, в песке р. Залибанчай, — очень мелкое золото[5].

В *Кутаисской губ.*, в *Лечхумском у.*, жители добывали золото из песка р. Цхенис-Цхали[6]. Золото наблюдается в Сванетии, в аллювиальной долине р. Ингура, где есть выходы кварцевых золотоносных жил (около с. Аца, в землях обществ Эли и Инари)[7].

В *Батумской обл.* бедные россыпи развиты в долине р. Чороха[8], где были найдены порпецит и родистое золото (§ 101), изредка золото[8] — все в ничтожных количествах.

В *Терской обл.*, в бассейне р. Терека, около Моздока и других местностей, бедные россыпи[9]. Коренное золото найдено по р. Фиаг-Дону (притоку Терека), при слиянии его с Замарашем у дер. Бугульмы-Кау. Кристаллы и пластины очень темнеют в арсенопирите. В арсенопирите же невидное золото.

В *Тифлисской губ.*, в *Борчалинском у.*, около уроч. Абульмульк, золото найдено в Дамблудском медном месторождении[10]. Золото наблюдалось в железных и свинцовых охрах в кварце (небольшое содержание золота). По р. Дамблудке (приток Машавери), самой Машавери и др. в том же районе находятся бедные золотые россыпи[11]. В *Тифлисском, Душетском и Тионетском у.*, в *Сагурамо-Глданском лесничестве,* известны бедные дилювиальные россыпи с очень мелким золотом[12]. По рекам Глданке, Тезами и т. д. наблюдаются очень бедные аллювиальные россыпи.

В *Эриванской губ.*, в *Нахичеванском у.*, в бассейне Аракса, золото указано в верховьях р. Аленджи-Чай (притока р. Аракса). Россыпи в речнике,

---

[1] О золоте см. Меллер и Денисов, 1900, стр. 35 и сл.; Г. Смирнов, 1905, стр. 198; Н. Лебедев, 1898.

[2] Севергин, 1806, стр. 99; Эйхфельд, 1827, стр. 60; «Горн. журн.», 1851, I, стр. 41 и сл.; 1854, I, стр. 262; Иваницкий, 1853, стр. 119; Н. Лебедев, 1898, стр. 26.

[3] Найдено Карпинским в 1820 г. Ср. Гурьев, 1830, стр. 163 и сл.; «Горн. журн.», 1851, I, стр. 97; Н. Лебедев, 1898, стр. 28.

[4] «Горн. журн.», 1851, I, 109 и сл.; Н. Лебедев, 1898, стр. 28—30 и сл. Золото отчасти низкопробное — электрум (по Акстафе иногда 72% — см. «Горн. журн.», 1851, I, стр. 104). Попадается содержащее 9,9% Ag, 87,4% Au, без Pt («Горн. журн.», 1852, IV, стр. 77).

[5] Клейменов, 1832, стр. 188. Ср. «Горн. журн.», 1851, I, стр. 119.

[6] Reineggs (Ehlich), 1797, стр. 138.

[7] «Горн. журн.», 1851, I, стр. 123 и сл.; Гилев, 1863, стр. 69—73; Симонович, 1877, стр. 43 и 1901, стр. 9 и сл.; Н. Лебедев, 1898, стр. 46; Шостак, 1903, стр. 43—49.

[8] Н. Лебедев, 1898, стр. 177 и сл. (отрицательные данные); Черник, 1904, стр. 116 и сл.; К. Кулибин, 1903, стр. 17—33.

[9] «Горн. журн.», 1851, 1, стр. 124; Н. Лебедев, 1898, стр. 55 и сл. Ср. о содержании золота в минералах Владикавказского округа у Стрижова, 1899 стр. 7.

[10] Тресковский, 1875, стр. 5.

[11] Цулукидзе, 1887, стр. 53 и сл.

[12] Марголиус, 1903, стр. 78 и сл., 134, 149; Г. Смирнов, 1905, стр. 198.

бедные (0,16 г на 1 т) — тонкие пластинки (дер. Ляказы), песчинки (дер. Милах) и т. д. Максимум 0,32 г на 1 т; самая крупная песчинка — 0,88 г[1]. Повидимому, около Агаракского завода попадался электрум[2].

159. В *Сибири*[3], в *Тобольской губ.*, в *Березовском у.*, бедные россыпи наблюдались вблизи отрогов Урала, по притокам р. Северной Сосьвы, например по рекам Куксии, Лягушей, Широкой (ср. § 84).

В *Томской губ.* главными месторождениями золота служат россыпи; коренные его выделения изучены относительно плохо. Россыпи открыты впервые Поповым в 1828 г. в Кийской речной системе, по р. Бирикулю[4].

В собственно *Алтае*, в *Змеиногорском у.*, небольшие количества самородного золота (произошло из электрума?) наблюдались во многих серебро-свинцовых месторождениях: в рудниках Змеиногорском[5] (иногда в роговике), Зыряновском[6], Риддерском[7], Крюковском[8], Новом и Старом Сокольных[9], Семеновском[9], Комиссаровском[9], Филипповском[10], Черепановском[11], Втором Карамышевском[12], Березовском[13], в приисках Путинцевском, Москвинском, Малеевском[9] и др. Золото всюду здесь большей частью чрезвычайно мелкое, нередко в барите и в тесной связи с серебряными, медными и свинцовыми соединениями — аргентитом, галенитом, халькопиритом и т. д.[14]. Бедные россыпи в собственно Алтае давно указаны в бассейне Катуни и Чуи в области метаморфических сланцев (по р. Муйту и т. д.)[15].

Главные россыпи Томской губ. сосредоточены в речных системах, вдали от Алтайского хребта. В *Мариинском у.* в бассейне р. Яи, можно отметить *Кельбесскую систему*[16]. Здесь россыпи работались главным образом по правым притокам Яи (по речкам Золотому Китату, Кельбесам, Барзасу и их притокам), частью увальные (золото очень угловатое), частью русловые.

---

[1] Цулукидзе, Архипов и Халатов, 1870, стр. 21.

[2] Мало проверенные указания для Бакинской губ. и Карской обл. см. у Г. Смирнова, 1905, стр. 202.

[3] Общий обзор о золоте для Сибири см. В. Обручев, I, 1911; II, 1911—1912; III, 1912; Протасов, 1833, стр. 339; Абрамов, 1857, стр. 413.

[4] См. историю открытия у Ковалевского, 1835, стр. 375 и сл.

[5] В начале разработок золото встречалось часто, большей частью в виде пластинок толщиной «с лезвие ножа», редко — нитей и кристаллов — {100}, {111}, {$\bar{1}\bar{1}1$}. В прежнее время в Комисском Разносе встречалось на кераргирите, т. е. являлось самой новой генерацией; см. Ренованц, 1788, стр. 129; И. Герман, 1801, стр. 129; 1802, стр. 287—288; Шангин, 1808, стр. 13; G. Rose, 1837, стр. 534. По Ренованцу встречались все переходы от золота к серебру. Но он, повидимому, судил по цвету.

[6] Здесь встречались довольно большие зерна (с горошину). Найдено и в окружающей породе («gelbliches Pechstein», по Герману, см. И. Герман, 1801 (2), стр. 222); Шангин, 1808, стр. 53, 57 (Снегиревский прииск). Ср. G. Rose, 1837; Басов, 1861, стр. 461 и сл.

[7] И. Герман, 1801, стр. 234; Шангин, 1808, стр. 69. Прежде попадалось в хороших кристаллах (в кварце). Гривнак, 1873, стр. 245. Большая часть золота очень мелкая. Связано с колчеданами. См. Ерин, 1893, стр. 150.

[8] Ренованц, 1788, стр. 210 (встречались зерна, волосатое на цинковой обманке); Гривнак, 1873; Майер, 1896, стр. 6.

[9] Гривнак, 1873, стр. 253; Майер, 1896, стр. 6 и сл.

[10] Севергин, 1809, стр. 111.

[11] Ренованц, 1788, стр. 193; И. Герман, 1801, стр. 177 (листочки в роговике и кварце с кераргиритом).

[12] И. Герман, 1801, стр. 193.

[13] Ренованц, 1788, стр. 20; И. Герман, 1801, стр. 215.

[14] Майер, 1896; Петц, 1907, стр. 247.

[15] «Горн. журн.», 1844, II, стр. 340 и сл.

[16] Реутовский, 1905 (1); Зайцев, 1893 (1); 1895; Краснопольский, 1898, стр. 87.

Увальные россыпи отличаются большой мощностью шурфов (до 15 м) и непостоянством содержания золота. Золото очень высокопробное (до 937$^1/_2$). Оно происходит, повидимому, частью из массивных пород, частью из палеозойских железистых конгломератов, in situ не изученных[1]. Попадались отдельные прииски, чрезвычайно богатые, например, Марие-Афанасьевский (по р. Кельбесу) дал один более 400 кг золота. В некоторых россыпях (например Владимирской) попадались значительные самородки (до 4 кг).

Другая сеть приисков сосредоточена в том же *Мариинском у.*, в *Кийской* речной системе[2], по р. Кии и ее бассейну — по рекам Кундату, Кундустуюлю, Большому Кожуху, Бирикулю и т. д. Золото происходит здесь отчасти из кварцевых жил, содержащих пирит, иногда халькопирит и галенит, и проходящих в гранитных и сиенитовых породах, в диоритах и порфиритах; отчасти оно заключалось в метаморфических сланцах и массивных породах — сиенитах, диоритах и пр. Кое-где кварцевые жилы разрабатывались, например, в Дмитриевском прииске[3], в Лотерейном прииске (по р. Чирковой)[4], Гавриловском (на Гавриловке, притоке Малого Бирикуля)[5] и т. д. Эти жилы подчинены гранитным породам, частью лежат на контакте порфиритов с гранитами или известняками, иногда в порфиритах (по речке Митрофановой). Простирание их ВЗ. Россыпи бывают: 1) долинные или русловые, более рыхлые, с окатанными гальками, с крупным золотом внизу; 2) увальные — элювий с мало окатанной галькой; эти россыпи глинисты и содержат крупное золото. Наиболее типично они развиты в системе р. Кундата[6]; 3) террасовые — остатки древнего аллювия (например, прииск «Отрадный» по р. Кундату); 4) нагорные (горный аллювий или элювий) — с очень крупной галькой и неокатанным золотом. Кое-где форма золота очень характерна, например в Федотовском и Андреевском приисках (по р. Бобровой, притоку Большого Кожуха) золото имело форму шариков, причем величина их увеличивалась по мере приближения к вершинам россыпей (до горошинок)[7]. Богатейшие россыпи разного типа сосредоточены были по долине Кундустуюля, давшей более 12 т золота. В одном Воскресенском прииске добыто 8,7 т золота. Здесь попадались самородки весом до 5 кг, в Петропавловском — до 10 кг (с кварцем)[8].

В *Кузнецком у.* лежит золотоносная область Томско-Енисейского кряжа, в бассейне р. Томи и ее правых притоков (Нижней, Верхней и Средней

---

[1] Зайцев, 1893 (1), стр. 226 и сл.; 1895, стр. 395 и сл.; Реутовский, 1905 (1), стр. 269, 271. Характер этих конгломератов заслуживает внимания. Не имеем ли мы здесь диатрем? Реутовский (1896 (2), стр. 125), между прочим, указывает: «О залегании конгломератов в виде жилы дает понятие разведка в верхнем течении Благонадежного ключа».

[2] Ковалевский, 1836, стр. 196 и сл.; Семенов, 1837, стр. 246 и сл.; Соколовский, 1837, стр. 599; Чихачев, 1845; Щуровский, 1846, стр. 202, 268; Полетика, 1860, стр. 16; Зайцев, 1894, стр. 7, 18; Реутовский, 1905 (1), стр. 272 и сл. Открытие золота по Кии Поповым в 1828 г. было сделано по следам ссыльно-поселенца Е. Лесного (Толмачев, 1909, стр. 716).

[3] Зайцев, 1893 (2), стр. 456; 1893 (1), стр. 148. Золото очень богатое серебром — не электрум ли?

[4] Зайцев, 1893 (1), стр. 150; 1904 (2), стр. 76 и сл. О коренных месторождениях см. еще Гудовщиков, 1895, стр. 197 и сл.

[5] Зайцев, 1893 (1), стр. 171; 1904 (2), стр. 77.

[6] Зайцев, 1910, стр. 122.

[7] Ковалевский, 1836, стр. 205; Семенов, 1837, стр. 252.

[8] О так называемом белом золоте Петропавловского прииска см. ниже — золотая амальгама, § 191.

Терсей, Тайдона, Усы и т. д.). Россыпи этой горной местности очень неправильны и рассеяны отдельными участками. Они расположены частью на склонах гор — на кристаллических породах, гранитах и гнейсах, вблизи их контакта с осадочными породами (Верховья Тайдона, Алзаса и пр.), и тогда богаты золотом[1]. Русловые же россыпи, с 0,5—1,3 г до 2,6 г золота на 1 т породы[2], лежат у подножья гор, в полосе сильно метаморфизованных девонских пород — известняков с дайками изверженных пород из группы ортофиров и порфиритов, причем эти сильно метаморфизованные породы иногда переслаиваются с известняками. К первому типу россыпей относится, например, Бурлевская, дававшая самородки до 400 г, иногда прекрасные кристаллы золота[3]. В россыпи Басалаевской (бассейн Средней Терси) наблюдалось древовидное золото. В постели россыпи (например, Богородице-Рождественской) наблюдались выходы кварцевых жил; они указаны и по р. Бурлевке. В общем, аналогична им по характеру россыпей и другая часть области бассейна р. Томи и ее левых притоков — Кондомы, Мрас-Су, Балыксы и т. д. Россыпи по Балыксе и ее притокам — Магызе, Большому Камзасу, Веселой и др. — образовались, повидимому, разрушением кварцевых жил. Иногда в них встречаются самородки[4]. Тот же характер имеют и другие россыпи бассейна Томи. Одним из богатейших промыслов был Царево-Николаевский на притоке р. Ортона — Федоровке, в бассейне Мрас-Су. Здесь попадались самородки и куски золота с кварцем. Россыпи находились в области известняков и сланцев. С 1836 по 1858 г. они дали до 6 т золота. Прииск вновь немного работал в 1880—1890-х годах[5]. Богатые прииски расположены в верховьях р. Абакана (по рекам Кызасу, Ане, Чахану и др.)[5]. Здесь из одного Пророко-Ильинского прииска (по Кызасу) добыто больше 9 т золота. По Кондоме золото наблюдалось и в кварцевых жилах[6]. Россыпи по Большому и Малому Кызасам произошли разрушением кварцевых золотоносных жил или прожилков в полосе метаморфических песчаников и сланцев[7].

В *Томском у.* россыпи наблюдались по притокам Томи (по р. Северной Ушайке)[8] В *Кузнецком*, частью *Барнаульском* и *Томском у.*, в Салаирском кряже[9], россыпи расположены по притокам р. Берди (Суенга, Большой Ик и т. д.), Ини (Касьма, Ур[10] и пр.), Малой Тайлы и др. По Берде и Малой Тайле россыпи приурочены к выходам кристаллического известняка[11].

---

[1] Реутовский, (1896 (2), стр. 163) считает их связанными с береговой линией древнего моря. По р. Тайдону золото найдено в 1849 г. партией Сафонова, по р. Нижней Терси в 1834 г. — Фрезе и т. д. (см. Толмачев, 1909, стр. 717, 723). Толмачев встретил золотое дело в упадке. Запасы Au в Кузнецком Ала-Тау далеко не исчерпаны. Толмачев дает сводку, прибавляя очень мало своего.

[2] О них см. Семенов, 1837; Щуровский, 1846; Пранг и Ярославцев, 1861, стр. 330 и сл.; Реутовский, 1896 (2), стр. 163; Поленов, 1901, стр. 300 и сл. (литература); Реутовский, 1905 (1), стр. 280 и сл.

[3] Щуровский, 1846, стр. 190.

[4] Зайцев, 1892 (1).

[5] Реутовский, 1894, стр. 29; 1896 (2); 1905 (1), стр. 286, 291; Пранги Ярославцев, 1861, стр. 332 и сл.; Щуровский, 1846, стр. 156; Адрианов, 1888, стр. 92 и сл.; Зайцев, 1892 (1). О связи золота с породами Абаканского района см. еще В. Обручев, 1911 (2), стр. 15; Ячевский, 1909, стр. 23.

[6] Зайцев, 1903, стр. 75 и сл.

[7] Ср. о поисках коренных месторождений — Мамонтов, 1908, стр. 62. О золотоносных жилах см. В. Обручев, 1915, стр. 91—92.

[8] Зайцев, 1896, стр. 103; 1910, стр. 117 и сл.

[9] Державин, 1896, стр. 83; Реутовский 1905 (1), 297 и сл.

[10] Соколовский, 1834, стр. 207.

[11] Соколовский, 1834; Иностранцев, 1898 (2), стр. 95. В доломитизированном известняке находится серный колчедан, содержащий золото. См. Щуровский, 1846, стр. 251.

По притоку р. Суенги — Фомихе (Петровке) лежит Георгиевский (Егорьевский) золотой промысел, открытый в 1830 г. Он дал с 1830 по 1844 г. больше 500 кг золота. Откуда описаны самородки золота, состоящие из {111}[1]. Золотоносны и другие речки и лога, впадающие в Суенгу и ее притоки[2]. Около дер. Петеневой по Суенге найдена кварцевая золотоносная жила. Такие жилы наблюдались и во многих других местах, например среди диоритовых порфиров около р. Копенной (притока Ура)[3], около Салаира, на Немецкой горе[4]. Издавна золото указывалось в охрах и барите Первого Салаирского рудника[5].

На *Алтае* известны главным образом коренные месторождения золота. В Петровском руднике оно находится с баритом, тетраэдритом и аргентитом в сажистой зоне; в Семеновском — в виде волосков в сфалерите, пластинок и чешуек в других рудах[6]. Кристаллы редки. Золото неоднородное. Обычно встречается электрум.

В южной части — в *Бийском у.* — золотоносна система р. Лебеди, притока р. Бии (по рекам Большому Каучаку, Андабе, Албассе и т. п.). Здесь наблюдались аллювиальные россыпи[7]. В Воронцовском прииске в системе р. Андабы найден самородок золота весом 24,87 кг[8]. Увальные россыпи известны около с. Каянчи. Здесь и по р. Найме (бассейн Катуни) наблюдались выходы кварцевых и кварцево-баритовых золотоносных жил. Золото наблюдалось и в массивных породах — в фельзитовом порфире около дер. Улалы (примазки в трещинах). В фельзитовом порфире около р. Эгули (приток Иша, бассейн Катуни) золото найдено в фельзитовой массе и в кристаллах плагиоклаза. Мелкое золото наблюдалось в кварцевых порфирах и песчаниках по р. Бии[9]. В окрестностях Телецкого озера известны как россыпи, так и коренные месторождения (около Сергиевского прииска по р. Малому Колычану и др.)[10]. Наконец, в самой южной части губернии золотые прииски находятся в бассейне р. Бухтармы[11].

Для *Кузнецкого Ала-Тау* В. Обручев (1911 (2), стр. 136) связывает золотоносность с выделениями гранитов и их дериватов (в том числе зеленокаменной породы); в связи с ними выделились содержащие золото жилы и импрегнации. Б. Поленов (1915, стр. 569) полагает, что «при настоящем, по крайней мере, уровне нашего знакомства с геологическим строением Ала-Тау и Салаирского кряжа было бы более правильно в зеленокаменных породах метаморфической толщи видеть не только вторичных носителей золота, полученного ими при интрузии пород гранитной формации, но и первичный его источник». Район этот недостаточно разведан на золото.

Недалеко от китайской границы есть золоторудный район по р. Алкабеку (притокам его — Нижней Теректе и Ашале), в предгорьях правого

---

[1] Иностранцев, 1906, стр. 291.

[2] Щуровский, 1846, стр. 253 и сл.; Чихачев, 1845, стр. 263; Гельмерсен, 1848, стр. 24; Еремеев, 1895; прот., стр. 62 (крист.); Петц, 1898, стр. 108.

[3] Нестеровский, 1896, стр. 327; Поленов, 1898, стр. 143.

[4] Иностранцев, 1895 (2), стр. 4. Ср. для бассейна Суенги — Мамонтов, 1908, стр. 4, 64.

[5] И. Герман, 1801, стр. 276; Шангин, 1808, стр. 79.

[6] Пилипенко, 1915, стр. 323 и сл.

[7] Еремин, 1895.

[8] Макеров, 1906, стр. 140.

[9] Яковлев, 1908.

[10] Реутовский, 1905 (1), стр. 300 и сл., 311; Бояршинов, 1845, стр. 22; Мамонтов, 1908, стр. 70.

[11] Реутовский, 1905 (1), стр. 301.

берега Черного Иртыша. Кварцевые жилы в хлоритовых и других сланцах, в связи с гранитами, с пиритом, иногда блеклой рудой. Золото мелкое, иногда невидимое, высокопробное (960—995)[1]. Район не изучен.

160. *Енисейская губ.* наиболее богата в Сибири месторождениями золота. Россыпи открыты в 1837 г., коренные — золотоносные кварцевые жилы — в 1870—1880 годах, хотя уже раньше были указания на их существование[2].

В Енисейской губ. с 1840 по 1907 г. добыто 437 т золота. Для россыпей наблюдается постепенное уменьшение количества приисков и добычи золота:

1882	224	прииска	3,38 т
1895	274	»	3,0 »
1902	177	»	1,64 »
1907	108	»	1,25 »
1912	112	»	1,48 »

Начинают разрабатываться бедные россыпи — усовершенствованными способами.

Добыча рудного золота:

1884	1	рудник	5	кг
1893	3	»	15	»
1901	1	»	5,5	»
1912	3	»	8	»

За 1884—1912 гг. добыто не более 0,6 т Au. Повидимому, месторождения неблагонадежны. В. Обручев (1915, стр. 8, 10, 91) считает, что наиболее важными явятся и в будущем россыпи.

Золотоносные месторождения Енисейской губ. схожи с саянскими и североалтайскими. Золотые россыпи приурочены к древнейшим осадочным породам и находятся в генетической связи с гранитными массивами, их кварцевыми жилами, заполнившими трещины, образовавшиеся до интрузии гранитов.

Главные месторождения сосредоточены в *Енисейском у.*, где различают две группы приисков — северную и южную[3]. Здесь, на с е в е р е, золотоносные прииски сосредоточены в бассейне Енисея, главным образом по Большому Питу и его притокам и в области Подкаменной Тунгуски, где самые богатые прииски лежат в бассейнах Теи и главным образом Енашимо. Есть немногие прииски в системах речек Кутукаса, Гаревки и Тиса, впадающих справа в Енисей. Бóльшая часть россыпей бассейна Енисея — долинные. Богатые россыпи сосредоточены по системе р. Нойбы (левого притока Теи) и правым притокам Енашимо (Количикон, Олонокон, Огнё и т. д.) и по самому Енашимо[4].

Вероятно, самыми богатыми россыпями явились россыпи по р. Севагликону (притоку Калами, впадающей в Енашимо), давшие с 1841 по 1900 г. на протяжении 16 км (россыпи непрерывно тянутся на протяжении 30 км, ширина приисков 200—400 м) 51 т золота при среднем содержании 4 г на

[1] К о т у л ь с к и й, 1921.

[2] В. К у л и б и н, 1890, стр. 552; Л а г о в с к и й, 1889, стр. 424 и сл.; Л а т к и н, 1867, стр. 498 и сл.; 1892, стр. 197 и сл.; В. О б р у ч е в, 1915, стр. 7, 50 (общая сводка для Северо-Енисейского района).

[3] С е в а с т ь я н о в, 1862, стр. 545 и сл.; Л а т к и н, 1869; Т о в е и Г о р б а ч е в, 1899; Р е у т о в с к и й, 1905 (1), стр. 313 и сл.; В н у к о в с к и й, 1905; «Геологические исследования в золотоносных областях Сибири. Енисейский район», I—V, VIII, 1900—1909; М е й с т е р, 1903—1908; 1904 (2); 1905; 1907; 1908 (2).

[4] Я ч е в с к и й, 1900, стр. 14 и сл.

1 т[1]. Россыпи произошли разрушением гнейсов, слюдистых и глинисто-слюдистых сланцев, богатых золотоносными кварцевыми жилами. Один Титовский прииск дал 17 т золота. Золото содержало 87—93% Au, 6,5—12% Ag. Немного менее богаты были россыпи в бассейне р. Вангаши, по притокам Большого Пита — Актолику и др. По Актолику Ивановский прииск (1841—1900 гг.) дал 18,6 т Au при среднем содержании 4,8 г на 1 т. Богатство россыпи зависит в значительной степени от характера дна. Местами, в зависимости от его размывания, образуются огромные ямы, гнезда, богатые золотом (Гавриловский и Нижне-Мариинский прииски на Енашимо). Некоторые россыпи, например Гавриловский прииск (на Енашимо, около устья р. Огнё), являются элювиальными россыпями (на золотоносной брекчии)[2]. В Гавриловском прииске золото встречалось в самородках, с кварцем в виде «кристаллов, жилок и веточек»[3]. Большей частью элювиальные россыпи, происшедшие разрушением брекчий, распространены полосой по направлению сдвига от Успенского прииска до Огневки. В этих россыпях золото большей частью мелкое, ноздреватое. Самородки редки. Встречались прииски, исключительно дававшие самородки (до нескольких фунтов — Михайловский, Бенардаки, по р. Олонокону, притоку Енашимо). Здесь золото было 88 пробы, обычно 89—89 $^2/_3$[4].

В Северо-Енисейском окр. до 1900 г. известен был 491 прииск. Среднее валовое содержание золота в них мало колебалось; так, с 1891 по 1900 г. оно отвечало 0,75—0,85 г на 1 т песка[5]. Проба золота во всем округе колебалась от 981 (Васильевский прииск по Енашимо и р. Безымянная по Большому Питу) до 871 (Александро-Ачеевский прииск по рекам Большой и Малой Дытынам). Россыпи, богатые самородками, давали металл высшей пробы, рудное золото было низшей пробы[6].

В бассейне р. Аяхты (бассейн Большого Пита) россыпи произошли от разрушения гранитных пород. Золото светложелтое 86$^2/_3$ пробы). Сходны россыпи по р. Унтугун (золото 90—91 пробы)[7].

Россыпи в Северо-Енисейском районе большей частью аллювиальные и более или менее снесены. К «почти элювиальным» можно отнести выработанную россыпь Сухого лога (по Севагликону). На террасовые или увальные мало обращали внимания (увальные, например, Даниловский ключ, приток р. Севагликон). Толщина золотоносного слоя 1,5—2 м. На р. Огнё (прииск Рязановых) работался золотоносный пласт мощностью 20,5 м. Ширина россыпи по небольшим речкам 10—30 м, на бóльших нередко от 80—120 до 400—500 м[8].

На основании всех данных В. Обручев считает, что золотоносность осадочных и метаморфических пород доказана недостаточно и не может объяснить аллювиальные россыпи. Часть россыпей северной части — по рекам Огнё, Огневке, Енашимо, Нойбе, Чингасану, Оллончимо — могла образоваться разрушением коренных образований по линиям сбросов (по Ячевскому — созданных выходящими источниками). Обручев подчер-

---

[1] Гофман, 1844 (1), стр. 139; Внуковский, 1905, стр. 344.
[2] Гофман, 1844 (2), стр. 347 и сл.; Севастьянов, 1862, стр. 547—548; Зайцев, 1895, стр. 139; Ячевский, 1900, стр. 17—18.
[3] Латкин, 1869, стр. 25.
[4] Севастьянов, 1862, стр. 554.
[5] Внуковский, 1905, стр. 416.
[6] Там же, стр. 419.
[7] Стальнов, 1912, стр. 26 и сл.
[8] В. Обручев, 1915, стр. 65.

кивает, что все эти породы наблюдались только в отвалах. Для средней и южной части района кварцевые жилы связаны с гранитными массивами (Аяхтинский, Чилимбинский и Гурахтинский).

Золотоносные конгломераты, должно быть, представляют морские ископаемые россыпи кембро-силурийского возраста[1].

Очень развиты в этом районе разнообразные месторождения золота в детритовых породах разного возраста. Часть их, может быть, является ископаемыми россыпями (конгломераты), часть несомненно принадлежит к чисто детритовым месторождениям золота (§ 130). Так, золотоносны любопытные песчаниковые породы, богатые пиритом, тейской свиты. Еще более резко выражена золотоносность древних конгломератов и связанных с ними песчаников по р. Вороговке (впадающей в Енисей) и притокам р. Теи (впадающей в Подкаменную Тунгуску). Конгломераты богаты гальками кварца и сцементированы кварцево-железистым цементом. Повидимому, главная масса золота сосредоточена в цементе[2].

Собственно коренные нахождения золота могут быть отнесены к месторождениям резко разного типа: 1) брекчии; связанные со сдвигами, 2) кварцевые жилы и 3) массивные породы. Первый тип[3], к сожалению, мало изучен. Большей частью он представлен россыпями, расположенными по сдвигу, как указано выше. Цемент брекчии известковый и кремнистый; она содержит куски жильного кварца, известняков, лимонита, гальки глинистых сланцев и т. д. Очень характерно нахождение в нем халцедона. Другой тип представляют кварцевые жилы, иногда пластового характера. Золотоносные кварцевые жилы по среднему течению Енашимо и его притокам были разрабатываемы (Сергиевский прииск и др.) и известны по Севагликону и другим местам[4]. Жилы содержат, кроме золота, пирит (иногда мышьяковистый), арсенопирит. Эти колчеданы содержат золото. Местами жилы были богаты видимым золотом, оно высокопробное. Повидимому, есть разные типы жил — кварцевые пластовые среди гнейсов и слюдяных сланцев и обычные кварцевые среди метаморфических глинистых сланцев и кварцитов. Не исключена возможность контактовых жил на границе гранитов с породами тейской свиты. В массивных породах золото невидное, в очень малом количестве[5]. Вероятно, к тому же типу должна быть отнесена золотоносность гнейсов[6].

161. В *южной части Енисейского у.* прииски (террасовые, долинные и увальные россыпи) сосредоточены: на юге — по правым притокам р. Ангары (Каменке, Удерею, Рыбной, Большой и Малой Мурожной, Татарке)[7], на севере — по левым притокам Большого Пита (Горбилку, Большой и Малой Пенченге, Аяхте, Сухому Питу, Унтугуну, Кадре)[8], на запа-

---

[1] В. Обручев, 1915, стр. 75, 83.

[2] Ячевский, 1903, стр. 55 и сл., 60 и сл.

[3] Ячевский, 1900, стр. 17—18; 1903, стр. 73.

[4] Лаговский, 1889, стр. 426; В. Кулибин, 1890, стр. 559; Ячевский, 1894, стр. 137—141; 1900, стр. 15 и сл.; 1903, стр. 52 и сл.; Азанчевский, 1896, стр. 166; Реутовский, 1905 (1), стр. 334 и сл. В вершинах Суховологи (левого притока Севагликона) разрабатывалось коренное месторождение золота в «кварцевых, фальбандового характера» жилах, проходящих в гнейсе (Ячевский, 1894).

[5] Ячевский, 1903, стр. 74; 1904, стр. 42; Ижицкий, 1904, стр. 24 (в граните, содержащем пирит).

[6] Богаты турмалином по р. Гаревке (Ячевский, 1903, стр. 59).

[7] Мейстер, 1908 (1); 1903 (2); 1904 (3); Товеи Горбачев, 1899; В. Обручев, 1915, стр. 11.

[8] Ижицкий, 1901, стр. 49 и сл.; Гофман, 1844 (2), стр. 389 и сл.; Латкин. Энцикл. слов. Брокгауза, XXII, стр. 649 и сл.; Реутовский, 1905 (1),

де — по притокам Енисея (Рудиковке и Зырянке). Россыпи очень глинисты, богаты галькой местных пород. Преобладают россыпи более или менее резко выраженного элювиального или руслового характера.

Русловые россыпи (аллювиальные) образовались в один период, «без серьезных перерывов». В таких россыпях золото мелкое и более или менее окатанное (по р. Безымянке, Иннокентьевский прииск и т. д.). Золото нередко покрыто «рубашкой» (мало снесенные россыпи).

Россыпи второй террасы иного характера, более песчанисты, золото крупное, окатанное, с кварцем, в «рубашке» (Ивановский прииск по р. Удоронге)[1].

По речкам Боровой, Талой и т. д. встречались глубокие увальные россыпи, выше современного русла рек; мощность наносной вязкой глины в таких россыпях больше 20—25 м. Золото в них крупное, мало окатанное, с кварцем. Оно встречается иногда в нескольких горизонтах россыпи (Эдуардовский прииск по Большой Мурожной, Алымовский по р. Боровой и т. д.)[2]. Зайцев считал такие россыпи элювиальными, Мейстер думает видеть в них террасовые россыпи или отложения бурных потоков. Мощные (до 28 м и больше) россыпи (по Большой Мурожной, например Крестовоздвиженская) обусловлены неровностями древнего ложа реки (вызванными «поперечными относительно направления долины сбросами»). Это смешанный тип — террасовый и долинный. Возможно его существование в верховьях Удерея.

Источником золота в россыпях являются главным образом золотосодержащие кварцевые жилы. Кварцевые жилы выполняют тектонические трещины, иногда содержат полевой шпат и приближаются к аплитам; они связаны с послевулканическими процессами, обусловленными выходом гранита. Эти процессы закончились перед кембро(?)-силурийской эпохой.

Кроме возможного нахождения глубоких россыпей в верховьях Удерея, нет надежд на дальнейшее их развитие; они могут считаться практически замирающими. Будущее района зависит от возможного открытия кварцевых золотоносных жил[3]. Встречались в этом районе очень богатые прииски, так, например, в Петропавловском прииске на Малом Шаргане с 1839 г. добыто до 9,4 т золота[4]; в Спасском прииске по р. Пескиной (бассейн Удерея) с 1839 по 1889 г. добыто 13,3 т золота; толщина песка достигала 4 м[5]. В россыпях вершин Удерея и по р. Мурожной попадаются кристаллы и самородки золота. В Крестовоздвиженском прииске (бассейн Мурожной) встречались самородки до 4 кг[6]. В Благодатном прииске по р. Шаргану наблюдались кристаллы золота {110}[7]. В Александровском прииске по р. Мурожной — {100} параллельные сростки[8]. Своеобразное золото попадалось по р. Пескиной (в прииске Николаевском и др.): «зерна золота, величиною с орех или горошину и более, покрыты бурой, блестя-

стр. 336 и сл. Сводка А. Мейстера, 1910, по южной части Енисейского окр.; В. Обручев, 1915.

[1] Мейстер, 1900, стр. 74—75. По мнению В. Обручева (1915, стр. 22), аллювиальные россыпи Мейстера скорее имеют характер элювиальный. Я думаю, это верно.

[2] Зайцев, 1892; Мейстер, 1908 (1), стр. 55 и сл.

[3] Мейстер, 1910, стр. 103—129.

[4] Мейстер, 1905, стр. 32.

[5] «Горн. журн.», 1844, I, стр. 137.

[6] Гофман, 1844 (2), стр. 401.

[7] Мейстер, 1904 (1), стр. 107; указан в 1845 г. в «Северной Почте».

[8] Коллекция Академии Наук. Доставлено Переплетчиковым.

щей корою водного окисла железа, столь плотно облекающей зерно, что ее надобно отбивать молотком; малые же зерна совершенно чисты»[1]. Химический состав золота сильно колеблется; в приисках по р. Пескиной 85—88% Au, 11,5—14% Ag, по Удерею — более богатое, например, в Леонтье-Николаевском прииске (по р. Тагдатайке) 96% Au и около 4% Ag. По р. Мамону встречено было очень светлое, богатое серебром золото 84-й пробы (Успенский, Николаевский и другие прииски)[2].

В. Обручев (1915, стр. 23) верно указывает на связь всех россыпей Южно-Енисейского района с гранитными массивами (см. его карту) — Аяхтинским (Аяхта, Унтугун, Кадра и ее притоки, богатый золотом Нижний Севагликон и т. д. и левые притоки Большой Пенченги). Другим гранитным массивом является Татарский массив, названный так Обручевым. Аяхтинский массив дал до 1897 г. 6,28 т. золота, Татарский — 147 т. Распределение россыпей, связанное с этими массивами, очень неправильное, что указывает на неравномерное распределение в этих массивах коренных месторождений. Кварцевые жилы (иногда содержащие не только полевой шпат и мусковит, но и биотит и турмалин) связаны с гранитными породами и являются отложениями ювенильных кремнистых терм. В отличие от Мейстера, Обручев считает, что для Южно-Енисейской тайги не исключена возможность нахождения новых площадей россыпного золота[3].

В Козьмодемьянском руднике (Хилковской жиле), повидимому, золото связано с пиритом. Рудник заслуживает разведки[4].

Коренные месторождения мало изучены. Кое-где кварцевые жилы разрабатывались, например, в системе р. Рыбной, притока Ангары (Козьмодемьянский рудник), р. Мурожной (Герасимо-Федоровский рудник и т. д.)[5]. Золото Южно-Енисейского района не связано с выходами изверженных пород, но находится в кварцевых жилах, рассеяно в глинистых сланцах, филлитах, доломитах и известняках. Выход его связан с дислокационными процессами. Некоторые жилы были очень мощны (например, Герасимо-Федоровская — до 6 м мощностью), заключая в среднем 26 г Au на 1 т породы. Жилы содержат золотоносный пирит[6]. Из глинисто-слюдистых сланцев, при их истирании, получается очень мелкое золото (Петропавловский прииск на Малом Шаргане и Успенский — на Безымянном ключе). Сланцы богаты колчеданом, в котором иногда находится золото (также в доломитах)[7]. Количество его доходит до 21 г на 1 т породы (Успенский прииск). Однако прямые опыты указывают, что нельзя всегда считать колчедан источником золотоносности породы. Так, например, в глинистом сланце по Большому Питу оказалось 0,55 г золота на 1 т, а выделенный из него колчедан золота не содержал. Золото россыпей большей частью более крупное и произошло из кварцевых жил[8], хотя часть его попала и из детритовых пород.

---

[1] Гофман, 1844 (2), стр. 393.
[2] Тове и Горбачев, 1899, стр. 53.
[3] В. Обручев, 1915, стр. 35.
[4] Там же, стр. 38—48.
[5] Зайцев, 1892 (1); Мейстер, 1900, стр. 75; 1901, стр. 32 и сл.; 1903 (1), стр. 19; 1905, стр. 36; Тове и Горбачев, 1899, стр. 397 и сл.; Азанчевский, 1896, стр. 166.
[6] Реутовский, 1905 (1), стр. 347 и сл.; Мейстер, 1904 (3), стр. 55.
[7] О нахождении золота в сланцах (химическим путем) в р. Блохиной, системы Ангары, см. Мейстер, 1904 (2), стр. 31. В мелких колчеданах из доломитов по р. Ангаре золото констатировано сухим путем — Мейстер, 1904 (3), стр. 13.
[8] Мейстер, 1903 (1), стр. 23—24; Макеровский, 1844, стр. 24—25; Гофман, 1844 (2), стр. 393 и сл.

В 1911 г. открыто коренное золото в Аяхтинском районе (Николаевский второй рудник), в кварцевых золотоносных жилах в кварцево-слюдистых сланцах, внедряющихся в гранитный массив. Это кварцево-пиритовая формация (с арсенопиритом)[1].

Об Аяхто-Шайдурихинском районе см. И. Токарев, 1920, стр. 378.

162. В *Красноярском у.* относительно бедные россыпи расположены по левым притокам Енисея (Почвенная, Бирюса и т. д.) и Маны[2].

Точно так же небогаты россыпи *Канского у.*, расположенные по правым притокам Енисея и Кана[3], главным образом по западному склону Приенисейского кряжа. В Успенском прииске (по р. Кимбирке) найден гранит с включениями золота[4].

Гораздо больше значения имеют месторождения *Ачинского у.*, главным образом коренного золота (разрабатываются с 1896 г.)[5]. Здесь кварцевые жилы связаны с гранитами, диабазами и уралитовыми порфиритами, а также с сиенитами. Они развиты в бассейне рек Черного, Саралы и других Юсов (система р. Чулыма); на них расположены рудники Иоанновский, Богомдарованный, Владимирский и др. В Богомдарованном руднике содержащая пирит и золото разрушенная порода представляет порфирит, изменившийся на контакте с дайками лампрофировых пород (вогезитов и т. д.). Жильный кварц содержит алюмосиликаты и является как бы переходом в аплиты[6].

Россыпи сейчас мало работаются. Они образовались частью из кварцевых жил, частью из пород, богатых золотоносным пиритом. Мощность кварцевых жил невелика (1—3 м); они представляют заполнения брекчиевидно разрушенной породы (богатой эпидотом); золото содержится на некотором от них расстоянии и в окружающей породе (до 6—7 м от контакта с жилой). Жилы нередко заключают пирит. Золото очень мелкое, находится в кварце. Бóльшая часть жил имеет простирание З-В, но есть и другая система жил — С-Ю. Зальбандов нет, но между кварцевыми жилами, более или менее параллельными, находится измененная порода (особенно ясно для сиенита). Россыпи[7] открыты в 1834 г. и расположены по восточным склонам Ала-Тау; кое-где встречались в них самородки (например, в Рождественском прииске по р. Малому Ингулу; в Аннинском прииске по р. Юсу находились самородки с кварцем).

В *Минусинском у.* коренные месторождения выражены кварцевыми жилами, которые имеют ясно контактовый характер — в гранитах или на спае между сиенитовым порфиром и гранитом[8] (ср. § 117) по р. Тибику и др., бассейн Абакана (ср. § 159). Коренное золото добывалось до 1906 г., россыпное с 1830 г. В 1860 г. добывалось более 1,23 т, в 1870—1880 — около 0,5 т, в 1909 г.— 190 кг. Прииски долинные, постплиоценовые и новейшие (остатки с железными орудиями на Михайловском прииске, бассейн Большого Анзаса). И. Толмачев (1913) их не считает безнадежными — наоборот. В пластинках и кристаллах в кальците с гранатом и фассаитом

---

[1] В. Обручев, 1915, стр. 48 и сл.

[2] Реутовский, 1905 (1), стр. 351 и сл.; В. Обручев, 1911, стр. 43 и сл.

[3] Реутовский, 1905 (1), стр. 352—353. Ср. Павлинов, 1835, стр. 78 и сл. (по р. Яксе золото найдено в чиполинах).

[4] Ячевский, 1896, стр. 12.

[5] Зайцев, 1901; 1904 (2), стр. 77, 53 и др.; Bordeaux, 1902, стр. 506 и сл. О Саралинской группе см. Маршалов, 1922, стр. 114.

[6] Гудков, 1910; Эдельштейн, 1909, стр. 67—87, 63, 65.

[7] Полетика, 1860, стр. 15; Реутовский, 1905 (1), стр. 353 и сл.; Bordeaux, 1902.

[8] Ячевский, 1896, стр. 12.

золото встречается в контактовых породах в Ольгинском прииске (р. Полуденный Мурюк). Серебристое золото наблюдалось в контактовых гранатовых породах (до 3,9 г на 1 т, по Н. Тихонову)[1]. Возможно нахождение Au в бедных россыпях по Тарбану (притоку Большого Уленя). Разрабатываются коренные месторождения по р. Ольховке (притоку р. Дусеби, впадающей в р. Кизыр). Золото находится в кварцевых, известняковых и роговиковых породах на контакте гранитного массива с метаморфизованными породами, в пирите и в свободном состоянии (проба 800—860). В 25 км открыто коренное месторождение Чибижек близ Спасо-Преображенского прииска, на контакте известняков с гранитами, большей частью в кварцевых прослойках среди известняков, но и в самих известняках[1].

Современные и древние наносы главных рек Минусинского у. золотоносны (в среднем 0,65 г на 1 т)[2]. В восточной части уезда, в системе рек Амыла и Систикема, кварцевые жилы залегают в метаморфических сланцах[3]. Наиболее богатые россыпи[4] сосредоточены в восточной части уезда — в системах рек Тубы, Сисима и т. д., а также Амыла, Систикема. В Спасо-Преображенском прииске по р. Чибижеку (система Кизыра) найден наибольший самородок золота, встреченный до сих пор в Сибири, — в 29 кг[5]. Известны россыпи в *Усинском окр.*, в бассейне р. Усы (ср. § 84, 96)[6]. Золотоносность в бассейне р. Таловки (Талыкжул), впадающей в р. Серлих (Илекем), приток Енисея, в отрогах Куртушибинского хребта[7], связана с роговообманковыми диоритами. Кварцевые золотоносные жилы находятся всегда на контакте метаморфизованных пород с роговообманковыми. Известны (с 1880 г.) россыпи (*Илекемская* система), которые не могут считаться выработанными. Добыто золота около 3,27 т, высокой пробы, пласт 1,75—2,8 м, Au—0,8—1,1 г на 1 т. Золото большей частью в пластинках. Россыпи образовались не только за счет кварцевых жил, но и за счет метаморфизованных пород (песчаники и сланцы), заключающих сульфиды (пирит), содержащие золото. В 1913—1915 гг. в Куртушибинском хребте открыто рудное золото в кварцевых жилах с золотосодержащим пиритом, пирротином и т. д.

163. В *Иркутской губ.* впервые золото найдено в 1825 г. Лавинским[8]. В *Нижнеудинском у.* золотоносные прииски расположены в системе р. Ангары, по рекам Бирюсам и их притокам — Хорме (открыто в 1836 г.), Унгурбею и т. д. Золото было местами крупное, попадались самородки (В Ново-Великониколаевском руднике, в бассейне Хормы, — до 400 г). Золото заключает 91—95% Au, 4—8% Ag. Россыпи, повидимому элювиальные, находятся в генетической связи с разнообразными породами — сильно измененными авгитовыми сиенитами, диабазами, гранитами, офиокальцитами и т. д.[9] В 1833 г. найдены россыпи по системам рек Кана, Малого Агула, Маны, на границе *Канского у.*[10]

---

[1] Эдельштейн, 1915, стр. 95—96, 54; 1916, стр. 154, 157.

[2] Д. Соколов, 1916, стр. 174.

[3] Реутовский, 1905 (1), стр. 367—368: О золотоносности Минусинского уезда см. Толмачев, 1913, стр. 44 и сл.

[4] Реутовский, 1905 (1), стр. 359 и сл.

[5] Зайцев, 1898 (2), стр. 91.

[6] В. Обручев, 1911 (2), вып. 1, стр. 19 и сл.; Коровин, 1915.

[7] Порватов, 1915, стр. 267.

[8] Саблин, 1846, стр. 230 и сл. «Находка золота» Лавинским требует поправки. Охотники нашли золото в желудках глухарей, убитых по р. Белой, впадающей в Ангару, в 80 км от Иркутска. Посланные Лавинским чиновники и горный инженер золота не нашли. См. дневник Щукина, участника экспедиции, 1858, стр. 2 и сл.

[9] Гофман, 1844 (2), стр. 231 и сл.; Макеровский, 1844, стр. 9 и сл.; Ижицкий, 1896, стр. 92.

[10] Саблин, 1846, стр. 245.

В *Иркутском у.* бедные прииски известны около Иркутска, затем по рекам Оке, Белой, около оз. Байкала. Здесь выходят конгломераты, цемент которых содержит золото. Золото очень мелкое. Разрушением этого конгломерата образуются бедные россыпи (например, по р. Малые Коты и т. д.)[1]. Небогатые россыпи золота известны по левым притокам р. Оки, у монгольской границы, в низовьях рек Большого Сархоя, Мончал Дибан в верховьях р. Диби и т. д. Золота не больше 2,6 г на 1 т[2].

В *Верхоленском у.* бедные россыпи отмечены в верховьях р. Сармы и в истоках Лены, а более значительные известны в бассейне р. Тыи[3], где золотоносно среднее течение р. Нюрундукана; здесь, на ключе Ковынах (левом притоке Нюрундукана), золото добывалось давно. Золото крупное; были самородки до 1,2 кг (с кварцем). Работают Александровский и Николаевский прииски[4]. Золото есть и в самом Нюрундукане. Золото из метаморфической породы, должно быть, старое, детритовое (ископаемые россыпи).

В *Киренском у.* признаки золотых россыпей наблюдались около Киренска, и россыпи работались по речной системе Нерпи (Джелагуну и т. д.)[5].

164. В *Якутской обл.*, в бассейне Лены, сосредоточены одни из богатейших площадей золотоносных россыпей Сибири. В *Олекминском окр.*[6] золото найдено в 1843 г., а разработки начались в 1852 г. в так называемой *Олекминской* золотоносной системе[7]. В 1860 г. было открыто золото в *Витимской* золотоносной системе, где россыпи расположены по притокам Витима — рекам Бодайбо, Безымянной, Энгажимо и т. д., в Олекминской системе — по рекам Ныгри, Атыркан-Бирекану, Угахану, Кадаликану, Хомолхо и т. д. Золотоносна не только область бассейнов Олекмы и Витима, но и бассейны других притоков Лены, например Большого Патома[8]. Россыпи здесь по возрасту доледниковые или нижнеледниковые, межледниковые и послеледниковые. Доледниковые практически наиболее важны — глубокие россыпи элювиального, иногда аллювиального типа. Современные и межледниковые — мелкие элювиальные и аллювиальные, причем межледниковые наблюдаются в нижней морене. Ледниковые состоят из отложений подледниковых вод или озер. Они образовались путем переработки коренных, большей частью элювиальных россыпей древнего возраста (террасовых). В общем, во всех этих россыпях мало наблюдается перенос материала. По положению в речных долинах можно

---

[1] Макеровский, 1844, стр. 5; Саблин, 1846, стр. 233. О месторождениях в Иркутском у. См. Черский, 1895, стр. 160.

[2] Эдельштейн, 1917 (1), стр. 221.

[3] Реутовский, 1905 (1), стр. 370 и сл.

[4] П. Преображенский, 1913, стр. 112.

[5] Саблин, 1846, стр. 237.

[6] Таскин, 1865, стр. 236 и сл.; Реутовский, 1905 (1), стр. 374 и сл. «Геол. исследования в золотон. обл. Сибири, Ленский район», I—IV, СПб., 1901—1907; А. Герасимов, 1904; 1907; В. Обручев, 1891; 1903, стр. 70 и сл.; 1907, стр. 238. Общие данные см. В. Обручев, 1923. Об Олекминском золотоносном районе, играющем вместе с Витимским важную роль в русской золотопромышленности, см. Е. Барбот де Марни, 1912, стр. 105 и сл. О золотоносности кос р. Нюкжи (приток Олекмы) см. Миткевич - Волчасский, 1916, стр. 232.

[7] Средняя проба сплавленного золота, по данным Иркутской лаборатории, $84^1/_2$ (Савицкий и Шамарин, 1883). Это золото богаче серебром, чем забайкальское.

[8] О возможности связи золота Ленского бассейна не с пиритами сланцев, а с кварцевыми жилами см. Мейстер, 1914, стр. 208. По мнению Мейстера, район Малого Патома и верхнего течения р. Молво, где работали с 1850 г., едва ли может питать крупную промышленность. Районы рек Энгажимо и Нечеры, лежащие ближе к гранитному массиву, не разведаны, но благоприятны (Мейстер, 1914, стр. 210—211).

различать россыпи увальные (террасовые) и долинные; так, например, по Сухому логу известна террасовая Предтеченская россыпь и внизу долинная Александринская[1]. Наиболее древние россыпи — террасовые. В долинных мы наблюдаем более древнюю группу и более молодую — русловые россыпи. Золото русловых россыпей очень мелкое. В элювиальных россыпях, очень мощных, золото нередко крупное и попадаются кристаллы {111}, {$1\bar{1}1$}, {100} (прииск «Верный»)[2]. Большей частью россыпи лежат на коренной золотоносной породе. Золотоносный пласт состоит из темносерых песчано-щебневых и песчано-галечных отложений; он богат крупными обломками и щебнем местных пород, неслоист. Мощность его доходит до 2 м, большей частью не превышает 0,70—1,5 м. Очень богат пиритом—кристаллы в виде {100} и иногда {$hk0$}, бурым шпатом. Шлих иногда состоит только из пирита. Более богаты золотом нижние части пласта и средние части россыпи, вследствие чего россыпи прикрыты мощным слоем пустых отложений. Россыпи иногда лежат глубоко от современной поверхности, так, например, Негаданная россыпь по р. Атыркан-Бирекану (бассейн р. Вачи) расположена на глубине 30—60 м от поверхности. В глубоких «долинных» россыпях встречается более крупное золото. Золото высокопробное (4—8,2% Ag), хотя есть и электрум. Очень низкопробно было золото Воскресенской россыпи на р. Хомолхо (элювиальная россыпь)[3]. Богатство золотоносного пласта сильно колеблется — от 4 до 23,5 г на 1 т. Колебания сильны в пределах одной и той же россыпи. В бассейне Бодайбо богатство доледниковых россыпей еще больше (забои давали до 250 г на 1 т)[4]. Одной из наиболее богатых была элювиальная россыпь Предтеченская по Сухому логу (бассейн р. Ныгри), давшая с 6 га в 1891—1896 гг. официально около 900 кг золота, при среднем содержании 16 г на 1 т[5].

Возможно, что кроме этих россыпей, связанных с изменением сланцев, богатых пиритом, существуют россыпи, связанные с гранитами. В их шлихах нет пирита, а встречаются биотит, магнетит, гранат. Таковы иногда россыпи в бассейне р. Жуи (например Спектральный прииск)[6].

Элювиальные россыпи бассейна р. Накатами богаты золотом (иные, в среднем за много лет, дают содержание от 4,9 до 15 г на 1 т породы). Они произошли из пород, бедных золотом (1,3 г для песчаников и сланцев, 2,2 г для пирита). Обогащение золотом произошло особенно сильно вблизи русла речек[7]. В Благовещенском прииске по Накатами наблюдались самородки[7].

Развивая идеи А. Герасимова, Де Лонэ связывает генезис золота в Витимской системе с выходами гранитов (Патомское нагорье, на юге Витима) и проводит аналогию с подобным влиянием гранитов в Центральном плато Франции и т. д.[8]

Коренные месторождения, изредка в кварцевых жилах, открыты в

---

[1] А. Герасимов, 1904, стр. 162.

[2] О кристаллах см. Самойлов, 1905, стр. 237 и сл.

[3] Элювиальный Воскресенский прииск на р. Хомолхо (приток Жуи) лежит на породах, заключающих кварцевые жилы с видимым золотом (А. Герасимов, 1907 (1), стр. 32).

[4] В. Обручев, 1907, стр. 241; 1910, стр. 156 и сл.

[5] А. Герасимов, 1904, стр. 77.

[6] А. Герасимов, 1905 (2), стр. 38; Е. Барбот де Марни, 1912, стр. 105—109. Несомненно, еще много золота дадут этот район и Приамурье (в россыпях).

[7] В. Обручев, 1909, стр. 23 и сл.; 1910, стр. 156 и сл.

[8] De Launay, 1911, стр. 218, 506.

области развития кристаллических сланцев (по р. Левому Накатами)[1], но главным образом находятся среди метаморфических пород— песчаников, кристаллических сланцев и филлитов с включениями пирита и бурого шпата; этот пирит золотоносен (Свято-Иннокентьевский прииск, Тихоно-Задонский — бассейна Вачи, по Атыркан-Бирекану и т. д.). По мнению А. Герасимова, золотоносность этих пород приноровлена к определенным полосам, богатым пиритом, и связана с ближе не выясненными пневматолитическими процессами[2]. Породы очень бедны золотом, которое скоплено в россыпях вековыми процессами.

Очень характерна золотоносность некоторых базальтов, например базальтов вулкана Мушкетова на Витимском плоскогорье[3], или базальтовых лав с р. Ивановки (бассейн Чикоя). Эти последние породы содержат 1,2 г на 1 т[4].

В *Якутском окр.* россыпное золото известно в притоках рек Алдана и Учура[5]. В бассейне р. Алдана в Тымптомском золотоносном районе (бассейн Тымптома, притока Алдана) прииски расположены вдоль границы имеющегося здесь грабена и, повидимому, связаны с гранитами. Признаки золота обычны в долине Алдана и его притоков[6]. Тымптомский район начали разрабатывать в 1902 г. Повидимому, лучшие россыпи уже выработаны.

В том же бассейне Алдана с 1889 г. стали разрабатывать россыпи в бассейне р. Сутама — по ручьям и ключам, впадающим в Джелинду и Даурку и расположенным среди метаморфических пород, богатых изверженными породами. Лучшие россыпи, повидимому, выработаны[7].

165. В *Забайкальской обл.*, в *Баргузинском у.*, разработка россыпного золота началась в 1844 г., и здесь добыто до 1900 г. около 40 т золота — по рекам Витиму, Витимкану, Чине, Амалату, Ципе, Королону и т. д.[8] Это россыпи элювиального типа, происшедшие разрушением золотосодержащих массивных и кристаллически слоистых пород, содержащих кварцевые жилы[9]. Россыпи по р. Королону, нижнему течению р. Джелагуна, по р. Чаянгро (при впадении в р. Ирбо) и т. д. частью русловые, частью увальные террасовые (по Королону). Месторождения золота связаны с контактами осадочных пород с массивными (гранитами и т. п.). Россыпи, образующиеся вблизи контактов, наиболее значительны, когда с контак-

---

[1] Реутовский, 1905 (1), стр. 384. Проба на золото кварцевых жил дает ничтожные следы или вовсе не дает золота. См. А. Герасимов, 1907 (2), стр. 171; В. Обручев, 1907, стр. 263; 1909, стр. 9, 19 и сл.

[2] А. Герасимов, 1904, стр. 184 и сл.; 1907 (2), стр. 170 и сл. А. Герасимов и В. Обручев считают указателем пневматолитического процесса обилие турмалина. Однако далеко не все члены ряда турмалина могут служить указателями пневматолитического процесса; так, например, магнезиальный турмалин выделяется и из обычных водных растворов. Турмалин, сопровождающий золотоносные породы, ближе не изучен. Связь россыпей с метаморфическими породами указана Обручевым в 1891 г. (В. Обручев, 1907, стр. 267).

[3] А. Герасимов, 1905 (1), стр. 161.

[4] Жерве, 1902, стр. 225. Поправка местности — у А. Герасимова (1905 (1), стр. 161).

[5] Реутовский, 1905 (1), стр. 386; Драверт, 1910 (1), стр. 5; Яворовский, 1904 (2); Тове и Иванов, 1905, стр. 145.

[6] Зверев, 1913, стр. 401.

[7] Яворовский и Анерт, 1913, стр. 117.

[8] Реутовский, 1905 (1), стр. 386 и сл.; A. Levat, 1897 (2); Фризер, 1901; 1906. Средняя проба баргузинского золота, по данным Иркутской лаборатории, $85^5/_6$ (Савицкий и Шамарин, 1883, стр. 49).

[9] Лопатин, 1895, стр. 61, 112, 221 и сл.

тами совпадает долина реки. Условия их поэтому очень исключительные[1]. Некоторые прииски, например Задорный по р. Усою, лежат на разрушенных доломитах. Коренные месторождения ближе не разведаны. В бассейне р. Верхней Ангары, по р. Няндони, золото находится в серных колчеданах метаморфических сланцев (от 0 до 6,9 г Au на 1 т)[2]. Есть и россыпное.

В *Троицкосавском у.*[3] россыпи известны по р. Джиде (притоку р. Селенги), в области метаморфических сланцев; может быть, они произошли из кварцевых жил.

В *Верхнеудинском у.*, известны бедные россыпи в системе р. Чикоя[4].

В *Селенгинском у.*, по юго-восточному берегу Байкала, наблюдались бедные россыпи[5]. В Селенгинской Даурии, около Байкала (Селенгинский у.) о золоте см. еще Черский 1886, (2). В. Обручев (1914, стр.356 и сл.) считает возможным нахождение здесь больших месторождений золота.

В *Нерчинском окр.* Кабинета (в уездах Читинском, Акшинском, Нерчинском и Нерчинско-Заводском) добыча золота возникла в 1832 г., но промышленное значение получила в 1840-х годах, с открытием россыпей Карийской, Шахтаминской, Казаковской и т. д. В 1856—1865 гг. средняя годовая добыча достигла 1,31 т, 1866—1881 гг.— 2,3 т (открытие богатых россыпей Кудеинской, Желтугинских, Урюмских), затем упала до 1,4 т и с 1891 начинает увеличиваться — новые россыпи (1891—1894 гг.) в Казаковском районе, Новотроицкие по р. Апрелковой в Урульгинском районе. С 1900 г.—новые, Ксениевские и Хоролгочинские россыпи. В 1912 г. добыто 3,6 т. В 1863 г. в западной части округа была разрешена частная золотопромышленность, и с 1880-х годов она давала до 3,27 т в год[6]. Запас золота не уменьшается — разведка открывает не менее, чем вырабатывается. В среднем при добыче в россыпях 1,6—3,9 г Au и более на 1 т. Работают только россыпи (частью подземные работы)[6].

В *Читинском у.* прииски расположены по притокам р. Ингоды (Унде и др.) и по Или, система р. Онона; бедные, с мелким золотом (7,3—8,5 % Ag)[7]. В бассейне Или, в области массивных пород, есть коренные месторождения золота в виде кварцевых жил. Но есть коренные выходы и другого характера. Таково, например, Евдокие-Васильевское, или Илинское, месторождение; оно представляет характерный штокверк в измененном граните; золото находится в гранитной брекчии штокверка с пиритом и магнетитом. Иногда золото находится в кристаллах кальцита. Пирит гранита очень богат золотом[8]. В Илинском месторождении золото встречалось в граните, богатом роговой обманкой[9].

В *Акшинском у.* россыпи[10] Тырино-Бырцинской группы расположены по системе рек Кыры-Бырцы, Тырина; это большей частью элю-

---

[1] Мейстер, 1911, оттиск, стр. 35 и сл.

[2] Захаров, 1913, стр. 71

[3] Реутовский, 1905 (1), стр. 397 и сл.; Ячевский, 1898, стр. 23.

[4] Реутовский, 1905 (1), стр. 398—399. Проба верхнеудинского золота, по данным Иркутской лаборатории, $89^3/_8$ (Савицкий и Шамарин, 1883, стр.497).

[5] Ячевский, 1898, стр. 28.

[6] См. «Нерчинский округ Кабинета», 1913, стр. 59—60, 61, 62.

[7] А. Герасимов, 1897, стр. 65 и сл.; 1899, стр. 89; М. Герасимов, 1896.

[8] Степанов, 1893, стр. 184—225; А. Герасимов, 1899, стр. 83; Макеров, 1889, оттиск, стр. 26 и сл.; Гелер, 1900.

[9] Гелер, 1900, стр. 43.

[10] Реутовский, 1905 (1), стр. 400 и сл.; A. Levat, 1897 (1), стр. 29 и сл.; Макеров, 1889, стр. 16 и сл.; Гелер, 1900.

виальные и аллювиальные (новейшие и древние) россыпи, происшедшие от разрушения кварцевых жил и штокверков. Другая система золотоносных отложений расположена по рекам Бальдже и Ашинге (притокам Онона). Бальджинские россыпи (по Верхнему, Среднему и Нижнему Бальджирам и Перевальной) открыты были в 1856 г. Аносовым и до 1895 г. дали 4,58 т Au[1]. В Шерловой горе — в связи с базобисмутитом (см. висмут)[2]. Коренные месторождения[3] известны по рекам Хонгорокам (притокам Кыры); они выражены кварцевыми жилами (с галенитом, пиритом и т. д.) и штокверками в граните, частью жилами в глинистых сланцах. В Евграфовском руднике, представляющем кварцевую жилу, в зальбанде с метаморфическими сланцами попадались самородки; золото здесь находится частью в связи с пиритом, частью внизу — с арсенопиритом[4]. Точно так же в кварцевых жилах и прожилках в метаморфических сланцах находятся и месторождения золота в области рек Бальджи и Киркуна.

В *Нерчинском у.* россыпи расположены по Геримнаку (притоку Ингоды), Дильмачику, притокам Кии и Нерчи, левым притокам Шилки (Кара и др.)[5]. В значительной части эти россыпи элювиальные или слабо перемытые. Наиболее важна свита Карийских россыпей по речкам Чалбучи, Каре, Лунжакам — левым притокам Шилки. Золото здесь произошло от разрушения кварцевых жил, содержащих пирит; может быть, россыпи имеют ледниковое происхождение (дилювиальные). Россыпь по р. Каре (35 км длины) открыта в 1838 г. Павлуцким и дала за 30 лет 11,8 т золота. В 1863 г. открыта свита Урюмских россыпей по р. Черной, на восточном склоне Яблонового хребта[6], в 1860 г.— свита желтугинских россыпей в бассейне р. Желтуги, притока Шилки (Ключевская россыпь, россыпи по Большой и Малой Кудечам и т. д.). Эти россыпи местами ясно элювиального характера; золото в них довольно крупное, встречались самородки.[7] В 1848 г. открыты Шахтаминские россыпи и т. д. Эти россыпи — так же как россыпи по Гарбице (притоку Шилки) и др.— тесно связаны с кварцевыми жилами, находящимися в связи с массивными породами (кварцевыми порфирами, диоритами и т. д.)[8]. Точно так же мелкое золото встречено по р. Унде, в элювиальных россыпях в разрушенном граните[9]. В Ундинском районе, в Казаковской россыпи, золото открыто в 1838 г. (штейгером Дубровским). Россыпи расположены по р. Казаковой и ее притокам; они связаны с кварцем и зеленокаменными породами и являются древнеречными отложениями, подчиненными древнему рельефу. Золото мало окатанное. Коренные месторождения известны в Казаковском участке. Золото находится в кварце и арсенопирите диоритов. Октаэдры золота срослись четками. В Троицких россыпях по р. Кручине, около

---

[1] Черкасов, 1858, стр. 27 и сл.; «Нерчинский округ Кабинета», 1913, стр. 95.

[2] Ненадкевич, 1917, стр. 452.

[3] Реутовский, 1905 (1), стр. 424 и сл.; A. Levat, 1897 (1), стр. 65; Макеров, 1889, стр. 16—19.

[4] Степанов, 1893, стр. 184.

[5] Золото на Шилке указано уже в «Neue Nordische Beitrage», IV, SPb., 1783, стр. 245 (в охре). Реутовский, 1905 (1), стр. 402. Проба нерчинского золота, по данным Иркутской лаборатории, 86¼ (Савицкий и Шамарин, 1883, стр. 497). Начались россыпные разработки с 1830 г. (Саблин, 1846, стр. 235). Нестеров, 1904, стр. 129 и сл. О Геримнакских россыпях, давших с 1867 по 1893 г. не менее 1,18 т золота, см. Гелер, 1900 стр. 45—47.

[6] Боголюбский, 1869, стр. 365 и сл.; М. Герасимов, 1865, стр. 115 и сл.

[7] Гедройц, 1897, стр. 132 и сл.; 1899, стр. 143.

[8] В. Обручев, 1899, стр. 126.

[9] А. Кулибин, 1830, стр. 6.

с. Новотроицкого, золото содержит от 7,3 до 8,5% Ag[1]. На северном притоке Шилки — Дильмачике — золото встречено в гранитной дайке, в граните с пиритом[2].

В Нерчинском у. богатейшим золотым прииском был Дарасунский (у впадения в р. Торгу); с 1861 по 1885 г. он дал около 16,38 т золота. Рядом находится Узур-Малахайский прииск, тоже прежде богатый. Здесь находится и коренное месторождение — кварцевая жила на спае гранита и «диорита»[3]. О приисках по р. Жарче (притоку Нерчи) см. Вознесенский, 1912, стр. 147. В области архейских гнейсов золото приурочено к долинам обоих Урюмов и Амазара. Гнездовое, неравномерное распределение золота; валуны окружающих пород. Коренное золото найдено в кварцевых жилах в Верхне-Урюмской россыпи А. Гедройцем. Особенно богаты золотом россыпи по Черному Урюму[4]. В районе р. Амазара россыпное золото было найдено в 1865 г. Оно связано с диоритами и роговообманковыми гнейсами. Главные россыпи по рекам Малому Амазару, Большому Амазару и притокам (Амунной), по Большой Могоче и притокам, по правым притокам р. Большой Чичатки. Район далеко не расследован. Кварцы в хребте между реками Ключик и Васильевка (притоки р. Большого Амазара) и колчеданы по р. Амунной золотоносны[5].

В Желтугинско-Горбачевском районе найдено коренное золото по рекам Ключу (притоку р. Бугузеи Желтугинской) и Большой и Малой Кудечам, в турмалинсодержащих кварцитах, проникающих в порфировые и фельзитовые толщи. Такие же золотоносные турмалиновые породы найдены по р. Малому Урюму. Этот район не может считаться изученным, и запасы Au не определены. Россыпи по Малому Урюму отличались местами сказочным богатством (Золотой Ящик ниже впадения Шестого лога в Малый Урюм). В бассейне Белого Урюма золото открыто по логам, стекающим с Арчикойского гольца[6].

Карийские россыпи, должно быть, образовались как элювиальные. Недавно найдено их продолжение на вершине горы Ивановки. По правой елани Кары и левой Шилки найдена на значительной глубине самостоятельная россыпь, не связанная с теперешним рельефом местности. Коренное золото в области Кары — около пос. Амур, в кварцевых прожилках в порфиритовой породе и в турмалиновых кварцитах в вершине Дмитриевки. Вся область Кары недостаточно исследована. К западу от Чачи, по левым притокам Шилки, известно россыпное золото[7].

В коренных турмалинсодержащих золотоносных рудах бассейна р. Кары (реки Ивановка, Хаповка и др.) золото, повидимому, сосредоточено в колчеданах. Средняя мощность жил 0,8 м. Среднее содержание Au 15,6 г на 1 т. Жилы древние, прорезают гранодиориты, граниты и порфириты[8].

В долине р. Урульги золото связано с распространением роговообманковых гнейсов, диоритов и турмалинсодержащих пород. На уроч. Апрелковой Au встречается в виде своеобразных самородков:

---

[1] О Казаковских и Новотроицких россыпях см. А. Герасимов, 1896, стр. 51; 1897, стр. 65 и сл., 74; «Нерчинский округ Кабинета», 1913, стр. 84—89.
[2] Bordeaux, 1902, стр. 543; Реутовский, 1905 (1), стр. 421.
[3] Ячевский, 1888; Вознесенский, 1912, стр. 144.
[4] Гедройц, 1897, стр. 131; 1909, стр. 38. Львов, 1913, стр. 204 и сл.
[5] Кузнецов, 1913, стр. 72.
[6] Там же, стр. 76—79.
[7] «Нерчинский округ Кабинета», 1913, стр. 81—83.
[8] Бобр, 1915, стр. 218 и сл.

листочки Au сцементированы кристаллическим кварцем. Район мало обследован[1].

В золотых россыпях Дильмачика, Геримнака, Кии и т. д. золото частью связано с мышьяковистыми пиритами (Геримнак), но частью, должно быть, с роговообманковыми породами[2]. Кристаллы золота ({100} и {100}·{111}) встречены были только по р. Токовой (приток р. Сендуй, бассейн Унды). Золото мелкое (81—89-й пробы).

В *Нерчинско-Заводском у.* россыпи известны по рекам Тайне, Ильдикану и др. (притокам р. Газимура), в связи с диабазами и диоритами[3], в системе Аргуни (по рекам Борзям, Солкокону, Урулюнгую и т. д.[4] Кое-где древние россыпи сцементированы льдом (прииск Иосифовский и др.)[5]. Некоторые россыпи — Верхне-Тайнинская, Чашино-Ильдиканская и т. д.— представляют элювий кварцевого порфира[6]. Кристаллы золота в церуссите встречались в старинном Преображенском (Култуминском) руднике[7].

В *Култуминском районе* добывается россыпное золото по рекам Курлее, Яромаю, Култумушке, Бошагоче (с торианитом) и т. д. Прииски мелкие. Район дает ежегодно 49—65 кг. Мелкие долинные россыпи, повидимому, связаны с кварцево-колчеданными жилами[8]. В бассейне р. Газимура, кроме россыпей Тайнинской системы (Каразаргинские, Уровские), известны коренные месторождения в виде кварцевых жил в диоритовых сланцах. Кварцевые жилы содержат арсенопирит. По р. Прямой Тайне, ниже устья р. Быстрой, найдены глыбы кварца с золотосодержащим арсенопиритом, который наблюдался и в шлихах. По р. Урюмкану и его притокам — Кудее, Аркии и др.— находится ряд плохо изученных золотоносных бассейнов. Мало изучен золотоносный Нижне-Борзинский район[9]. В Шилковском Крестовском руднике (XVIII столетие) на Шилке в кварцевых прожилках и охрах золото указано в диорите[10] (по р. Курлычи). Тип кварцевых жил в кварцевом порфире или вблизи его указан и для других мест, например около прииска Лукина.

166. В *Амурской обл.* золотые россыпи были известны уже давно (§ 143), но современное их открытие принадлежит Н. И. Аносову[11]. В бассейне Амура разрабатываются русловые россыпи. В Верхнем Амуре признаки золота встречаются по всему побережью, но наиболее богатые золотом места расположены «в изголовьях кос, у конца подмывного берега». Золото происходит, повидимому, от размыва берегового яра (берега) и количество его увеличивается после больших половодий. Золото мелкое. Проба — Au 0,849, Ag 0,142, лигатура 0,009[12]. Песок Амура, между станицей Кольцовой и Благовещенском, содержит мелкое золото[13].

---

[1] Кузнецов, 1913, стр. 83.
[2] Ячевский, 1889, стр. 210 и сл., 236 и сл. 241.
[3] Гедройц, 1898, стр. 164.
[4] Кокшаров, 1850, стр. 262 и сл.; М. Герасимов, 1896, стр. 93 и сл.
[5] A. Levat, 1897 (1).
[6] Гедройц, 1899, стр. 142.
[7] Озерский, 1867 (1), стр. 78.
[8] Зверев, 1915.
[9] «Нерчинский округ Кабинета», 1913, стр. 90—94.
[10] А. Кулибин, 1827, стр. 485; 1833, стр. 350 и сл.; М. Герасимов, 1896, стр. 50.
[11] Шперк, 1885, стр. 457 (литература). Ср. исторические данные у Тове и Иванова, 1905, стр. 1 и сл. Сводка у А. Иванова, 1909, стр. 570 и сл.
[12] Янчевский, 1916, стр. 118.
[13] Яворовский. 1902, стр. 116.

Наибольшее значение здесь имеют, однако, россыпи, может быть очень древнего возраста[1], в бассейне р. Зеи[2].

В *Зейском золотоносном районе* (54°55′ с. ш., 124—128° в. д., площадью больше 17 тыс. км²) работы начались в 1877 г. Значительная часть площадей выработана, но бывают новые открытия. Важна золотоносность больших рек — Гилюя, Унахи, Брянты, Иликана и, почти на всем протяжении, самой Зеи[2].

Отдельно должна быть поставлена *Верхне-Зейская* группа (54°45′ с. ш., 129°20′в. д., свыше 1100км²) — бассейны рек Сугджарикана, Сугджари, Гаргани и Тока; неглубокие россыпи среди метаморфических пород, богатые пегматитовыми и аплитовыми жилами. Начали разрабатывать их с 1895 г.[3]

В *Средне-Зейской* группе россыпей можно различить: *Урканскую* (54°—53°55′ с. ш., 125—129° в. д.) и *Чукан-Цигаянскую* (52° с. ш., 128—129° в. д.). Геологические условия схожи для Урканской и Джалиндинской групп. В Чукан-Цигаянской россыпи разработки начались в 1893 г.[2].

В районе Зеи, от устья р. Депа до устья р. Селемджи, известны многочисленные россыпи с бедным содержанием Au. Генезис их золота самый разнообразный. Анерт (1912, стр. 187) связывает россыпи по рекам Большому Чукану, Чагаяку, Ивету и др. с песчано-галечными отложениями третичного или послетретичного возраста (что ничем не доказано). Россыпи отложений небольших речных потоков примыкают к отрогам Станового хребта. Известны и увальные россыпи. Первичной золотоносной породой являются амфиболиты, аплиты, пегматиты, по пробам — золотоносные. Золотоносны и другие породы — гнейсы, богатые амфиболом и колчеданами (по р. Иличи, притоку Гилюя)[4], андезитовые порфириты (по Десе)[5]. По рекам Джалинде, Гилюю и др. наблюдаются кварцевые жилы, содержащие золото, не имеющие практического значения[6]. Чрезвычайно своеобразны пегматитовые или аплитовые жилы, богатые золотом (бассейн Гилюя); ими вызвано, очевидно, нахождение золота с кварцем и полевым шпатом в некоторых россыпях, например в Мильонном ключе[7]. В гранитах иногда наблюдаются штокверки с золотом, например около Джалонского прииска. Распределение россыпей тесно связано со сложной тектоникой местности; наиболее богаты и часты они в области Иликанской складки (Леоновский прииск по Джалону, Горациевский, Владимировский и другие прииски по Джалте и т. д.). Россыпи известны как аллювиальные, так и русловые (по Гилюю и т. д.); наблюдаются и увальные (Старобогатый ключ и др.)[7], происшедшие переработкой древних россыпей; встречаются, может быть, о з е р н ы е р о с с ы п и или отложения очень покойных вод; есть древние элювиальные россыпи. Таким образом, тип россыпей очень

---

[1] Я в о р о в с к и й, 1900 (1), стр. 32.

[2] Ш п е р к, 1885; М а к е р о в, 1889, Б а ц е в и ч, 1894, стр. 43 и сл.; Я в о р о в с к и й, 1896, стр. 371; L e v a t, 1897 (2); Р е у т о в с к и й, 1905 (1), стр. 430 и сл.; А н е р т, 1905—1907; Х л а п о н и н, 1905; 1908 (2); 1900; 1904; 1906 (1); Р я з а н о в, 1903; Я в о р о в с к и й и А н е р т, 1913, стр. 116 и сл.

[3] Об этих россыпях с мелким золотом (самородки редки и мелки) в области развития метаморфических пород (гнейсов) см. А н е р т, 1906, стр. 59; Я в о р о в с к и й и А н е р т, 1913, стр. 117—121.

[4] М. И в а н о в, 1906, стр. 99. Ср. Х л а п о н и н, 1908 (2), стр. 31.

[5] А н е р т, 1905—1907, стр. 281.

[6] М а к е р о в, 1889, стр. 6; Р е у т о в с к и й, 1905 (1), стр. 459—460; Р я з а н о в, 1903, стр. 928.

[7] М. И в а н о в, 1901, стр. 39.

разнообразен. Самородки очень редки; форма золота очень различная, повидимому, в тесной связи с генезисом россыпи и породы[1].

В верховьях Амура (*Верхне-Амурский золотоносный район*)[2] открыты небогатые россыпи по бассейнам рек Урки, Уруши, Игнашки, Олдоя и т. д. Россыпи лежат частью в области гранито-гнейсовых пород (бассейны Уруши, Большого Олдоя и т. д.), частью среди метаморфических осадочных пород.

Золотоносность связана с выходами зеленокаменных пород (диоритов), особенно там, где эти породы пересечены более новыми массивными породами (порфиритами и кварцевыми порфирами), в связи с чем находится образование кварцевых жил[3]. Характерный тип представляют Титовские прииски — озерные отложения Урканской котловины. Россыпи среди осадочных пород находятся вблизи их контактов с гранитными породами. Источником золота явились массивные породы, отчасти — находящиеся среди них кварцевые жилы. В золотоносных россыпях по р. Монголи и ее притокам (бассейн Олдоя) и по р. Коровиной (притоку Ольдокона) находится золота 1,3—2,6 г на 1 т[4]. Россыпи по р. Монголи и ее притокам занимают свыше 8—10 км. Они, повидимому, связаны с разрушением контактов кварцево-фельзитового порфира с гнейсами. В долине Монголи, в 1 км от устья р. Берандача, открыта кварцевая золотоносная жила. Золото очень серебристое (300 Ag и 686 Au). Золото в Джалиндинском районе (54°25′ с. ш., 122°30′ — 125° в. д., около 600 км²) начали разрабатывать с 1868 г.; значительная часть площади выработана[5]. Золотоносны и детритовые породы — конгломераты и песчаники (по Джалинде).

Третью группу приисков составляет *Хинганский золотоносный район*[6] — по рекам Сутару, Среднему Дачуку, Манджурке, Поликарповке и т. д., главным образом — россыпи разного характера. Есть увальные россыпи (на гранитах и гнейсах) и вторичные, лежащие в долинах (на кристаллических сланцах). Золото большей частью мелкое. Первоисточником золота являются амфиболовые гнейсы и граниты (пегматиты). Кварцевые золотоносные жилы (в гнейсах) известны, но не играют крупной роли. Среди россыпей указаны и древние россыпи, которые Яворовский считает отложением древних потоков (Нагорный прииск).

В *Уньино-Бомском золотоносном районе*[7] (53°50′с. ш., 129°30′—130°46′ в. д., около 1000 км²), по рекам Унье и ее притокам и Бому, своеобразны русловые россыпи, расположенные в глубоких каньонах и не прикрытые торфами. Русловые россыпи большей частью выработаны, увальные почти не тронуты[8]. Есть современные и древние элювиальные россыпи, происшедшие от разрушения кварцевых жил, прорезающих сланцы; по Бому наблюдаются и аллювиальные россыпи. Здесь и редки самородки.

Селемджинский район может быть разбит на два: *Верхне-Селемджинский*

---

[1] Яворовский, 1900 (2), стр. 288 и сл.; 1900 (1), стр. 34; Тове и Иванов, 1905, стр. 81 и сл.

[2] Шперк, 1885, стр. 150 и сл.; М. Иванов, 1898, стр. 66; Реутовский, 1905 (1), стр. 444 и сл.; М. Иванов, 1904 (2), стр. 137 и сл.; Тове и Иванов, 1905, стр. 150.

[3] Львов, 1913, стр. 205 и сл. О бедных россыпях р. Хорогочи (бассейн Уруши) см. Макеров, 1913, стр. 44; 1915 (1), стр. 53.

[4] Макеров, 1915 (2), стр. 751 и сл.

[5] Яворовский и Анерт, 1913, стр. 118—119.

[6] Реутовский, 1905 (1), стр. 446, 460; Л. Бацевич, 1898, стр. 15 и сл.; Яворовский, 1904 (2), стр. 65; Тове и Иванов, 1905, стр. 250.

[7] Реутовский, 1905 (1), стр. 448; Риппас, 1904, стр. 82; Тове и Иванов, 1905, стр. 160; Д. Иванов, 1905, стр. 114 и сл.

[8] Яворовский и Анерт, 1913, стр. 118.

(53° с. ш., 131°31′—133°40′ в. д., около 2800 км²) и *Нижне-Селемджинский.* В первом — три группы приисков: 1) по притокам р. Селемджи — рекам Нижнему и Верхнему Мынам (разработка с 1875 г.) и Угахану (бассейн Уды), 2) по Караураку (разработка с 1894 г.) и 3) по Харгу (разработка с 1894 г.). Бассейн р. Харгу считается выработанным, остальные затронуты лишь частью[1]. Золотоносность, по мнению Хлапонина, связана с сильной денудацией метаморфических пород — очень распыленных гнейсов, слюдистых и роговообманковых кварцитовых сланцев, богатых пиритом, арсенопиритом, вторичной слюдой. Золото найдено при некоторых анализах этих пород. Коренные месторождения (бассейн р. Харгу, притока Селемджи) не являются кварцевыми жилами, а представляют относительно незначительные кварцевые чечевицы («челноки») среди слюдяных кварцитовых сланцев[2]. В слюдисто-кварцитовом сланце Златоустовского прииска найдено золото (15,6 г на 1 т, по пробе Гирса)[3]. Россыпи этого района были местами самыми богатыми в Амурской обл., например по ключам Афанасьевскому (так, в Воскресенском прииске с 1895 по 1903 г. добыто 4,4 т золота при содержании от 3,25 г до 5,6 г на 1 т породы) и Албыну. Прииски по Афанасьевскому и Албыну дали до 9,6 т золота. Россыпи большей частью элювиального характера, частью являются русловыми (перемытый элювий, теперь аллювий). Золото часто мелкое[4]. Реже самородки (например, весом до 59,6 г по Догадлыку, притоку р.Харгу). Есть среди гнейсов выходы золотоносных кварцевых жил, иногда содержащих галенит (Геннадиевский прииск по р. Эльге).

Ниманская система золотых приисков (с 1874 г.)[5] расположена по р. Олге и другим притокам р. Нимана (правого притока Буреи), в предгорьях Буреинского хребта; она образует ряд гнездовых россыпей. Россыпи находятся в области вечно мерзлой почвы, наиболее богатые лежат в области кристаллических слоистых пород. Кроме россыпей, здесь известны и работаются среди кристаллических сланцеватых пород богатые кварцевые золотоносные жилы, содержащие пирит и арсенопирит (Дмитриевская гора и др.). Область этих жильных образований занимает значительное пространство.

167. В *Приморской обл.* золотоносные россыпи развиты главным образом в *Удском окр.* в отрогах Малого Хингана, в системе р. Амгуни. Здесь разработки начались в 1877 г. в Верхне-Сулакском прииске, главным образом по левым притокам Амгуни — Нилану, Семи, Немилену, Керби и т. д.[6]. Самые богатые россыпи расположены по р. Керби; в одной долине Сулаткиткана добыто более 4,4 т золота. Нижнее течение Амгуни и ее притоков, повидимому, беднее золотом[7]. Всего с 1891 по 1904 г. официально добыто 23 т золота. Аллювиальные россыпи расположены недалеко от коренных месторождений; в верхних частях золото

[1] Яворовский и Анерт, 1913, стр. 118—119.

[2] Реутовский, 1905 (1), стр. 451 и сл.; Хлапонин, 1907 (2), стр. 15 и сл.; 1906 (2), стр. 61 и сл.; 1912, стр. 103, 159 и сл.; Тове и Иванов, 1905, стр. 201. Пробы гнейсов на Au дали отрицательный результат.

[3] Хлапонин, 1907 (2), стр. 60—61. Слабые следы в других случаях. См. Хлапонин, 1906 (2), стр. 62.

[4] Хлапонин, 1907 (2), стр. 3, 29.

[5] Реутовский, 1905 (1), стр. 456, 460; П. Михайлов, 1879, стр. 12 и сл.; Яворовский, 1904 (1), стр. 33 и сл.; Тове и Иванов, 1905, стр. 81.

[6] Боголюбский, 1897; Реутовский, 1905 (1), стр. 462 и сл.; Бацевич, 1894, стр. 78; М. Иванов, 1904 (1), стр. 111; Тове и Рязанов, 1902; Яворовский, 1904 (1); Майер, 1906, стр. 103 и сл.; Хлапонин, 1908 (1).

[7] Хлапонин, 1908 (1), стр. 63.

крупное, неокатанное, расположено гнездами; книзу — более обтертое и распределено более равномерно.

К северо-северо-востоку от устья р. Амгуни, по речкам, впадающим в озера Орель и Чля, находится озерная группа золотоносных россыпей (53°20′—54° с. ш., 139°25′—140°5′ в. д.), где разработка началась с 1895 г. и все возрастает[1]. В больших реках, например по Керби, террасы с древним элювием (?) также золотоносны. Всюду здесь золото связано со сланцами, в которых проходят, повидимому, бедные золотом кварцевые жилы. Количество его в россыпях сильно колеблется, доходя в «гнездах» до 100 г на 1 т. В верхних частях, по рекам Сулаку (бассейн Керби) и Сиваку (бассейн Нилана), средняя величина самородков золота очень велика, доходит до 800 г (например, Казанская россыпь). В Казанской россыпи попадаются кристаллы золота комбинации {100}, {111}, {1$\bar{1}$1} и кристаллические скелеты в пластинках. Анализ дает для золота: 94,9—91,1 % Au, 8,0—4,5 % Ag, 0,7—0,3 % Cu. Элювиальные россыпи на разрушенном граните известны в Джатюке (бассейн Нижней Керби). Коренные месторождения связаны с кварцевыми линзами среди метаморфических пород; кварцевые жилы очень бедны золотом. Но и сами очень богатые слюдой филлиты содержат золото, количество которого колеблется, но доходит в свежих образцах до 21,3 г на 1 т, а в разрушенных — до 52,3 г; в каком виде находится золото — неизвестно, так как пиритов эти филлиты не содержат.

Другим районом россыпей являются россыпи по притокам р. Амура или в системе озер, связанных с Амуром[2] — мелкие россыпи (например, по рекам Битке, Бичу и т. д.).

Россыпи известны в системе р. Коль, впадающей в Татарский пролив (по речке Колчин); они, повидимому, связаны с новейшими изверженными породами — липаритами. Липариты сами золотоносны. Россыпи довольно мощные (4—8 м); разрабатываются с 1899 г.; содержат до 5,2 г золота на 1 т. На горе Белой липарит рассечен кварцевыми прожилками; липариты содержат 46,8 г золота на 1 т[2]. Россыпи по р. Мырген (притоку р. Коль) очень своеобразные, богатые серебром; они связаны с разрушением каолинизированных кислых трахитовых пород[3]. Россыпи имеются также в системе р. Тумнина (по р. Токоинку и т. д.), в разных местах бассейна р. Имана (притока р. Уссури) и в различных мелких речках в береговой полосе *Уссурийского края*. Около бухты Чузгова в Восточном заливе расположен Находкинский рудник — кварцевые жилы в гранито-гнейсах[4].

На *о-ве Аскольде* на роговообманковом граните находятся золотоносные конгломераты нижнетриасового возраста[5]. В Аскольдовом руднике добывается не менее 32 кг золота в год. Тонкие золотоносные кварцевые жилы прорезают граниты и метаморфические породы. Месторождения золота известны на южном и на северном берегу[6]. Золото в кварцевых жилах бухты Наездник, среди палеозойского роговообманкового гранита, сопровождается турмалином, халькопиритом и пиритом. Среди россыпей есть морские (бухта Наездник)[7]. Кварцевые жилы, содержащие светлое

---

[1] Яворовский и Анерт, 1913, стр. 119—120.

[2] Реутовский, 1905 (1), стр. 468, 469; Хлапонин, 1904, стр. 42—45; Яворовский и Анерт, 1913, стр. 121.

[3] Богданович, 1913 (1), стр. 163—165.

[4] М. Иванов, 1897, стр. 31, 42; Реутовский, 1905 (1), стр. 470, 475, 476; Боголюбский, 1876, стр. 55 и сл.; Bordeaux, 1902, стр. 546.

[5] Янковский, 1881.

[6] Анерт, 1917, стр. 294—303.

[7] Тове и Рязанов, 1902, стр. 321; Реутовский, 1905 (1), стр. 470, 475.

(богатое Ag) золото, проходят в контакте между кварцитами и кристаллическими сланцами. Содержание золота бедное [1].

В долине р. Сучана известны прииски около дер. Гордеевки (Комаровский прииск и др.). Среди окружающих пород богатый серным колчеданом березитовидный порфир содержит следы Au [2].

Морские россыпи находятся у берега о-ва Путятина (Кондао) и у берегов пролива Стрелок (по рекам Коготун, Тин-Ха)[3]. Эти россыпи, связанные с золотоносной долиной Тин-Ха (она же р. Ченхен), разрабатывались китайцами. Издавна разрабатывалось россыпное золото в области гранитного массива Хоолацза — остатки огромных выработок по Бабушкиному ключу и по р. Тин-Ха, впадающей в пролив Стрелок. На склонах и почти на вершине Хоолацзы находятся кварцевые золотоносные жилы, давшие начало россыпям [2].

Россыпи в заливе Восток, между бухтой Чузгова и мысом Козина, связаны преимущественно с кварцевыми валунами [4].

В *Приморской обл.*, в *Охотском у.*, золото обнаружено во многих местах по р. Гусинке (левый приток р. Кухтуя), Улье, Оле и т. д. В *Гижигинском районе* оно известно по р. Гижиге и ее притокам (Ахавеему, Черной, Турамче), по р. Вархалам. На *Камчатке* золото указано по рекам Облуковине (Оглукамена), Колпаковой, в верховьях р. Кихчика и Камчатки, около с. Начики, по р. Ратуге (притоку Камчатки).

В *Чукотско-Анадырском крае*, в *Анадырском у.*, имеются наиболее практически важные месторождения золота. Золото известно на западном берегу Колючинской губы, к югу от мыса Сердце-Камень, на берегу залива Лаврентия, у мыса Новосильцева, на северном берегу Мечигменской губы, по р. Марич, у мыса Мертенс, по р. Оленкой, около берега залива Провидения. Богатые россыпи обнаружены в Анадырском районе, по рекам Белой и Ворожее и притокам р. Волчьей (Надо, Скорбутной, Веттлерсону и др.), где золото впервые открыто в 1906 г. по р. Надо. Золото крупное, связано с контактной зоной метаморфических пород. Золото найдено и по другим рекам, впадающим в Канчаланский залив, в Анадырский лиман, по притокам р. Анадырь [5]. Бедные морские (береговые) россыпи лежат на Чукотском п-ове, между мысом Литке и мысом Дежнева; может быть, они связаны с глинистыми сланцами, аналогично золоту на мысу Номэ [6].

Вдоль *Охотского моря* [7] бедные россыпи, большей частью с мелким золотом, известны в системах рек Уя, Лантара, Алдомы и т. д. Золото из бассейна Лантара богато серебром (проба 86,2).

Золото на *Сахалине* найдено в россыпях верховьев р. Вильзы (приток р. Пороная, она же Хоронай) и вблизи с. Мало-Тыново. Золото связано с древними метаморфическими и кристаллическими породами (палеозойского возраста?), прорезанными кварцевыми жилами. Его практическое значение не выяснено [8].

---

[1] Bordeaux, 1902, стр. 545; Тове и Рязанов, 1902, стр. 304.

[2] Анерт, 1917, стр. 303.

[3] Аносов, 1864, стр 592 и сл.; Баснин, 1863, стр. 136.

[4] Виттенбург, 1918, стр. 1241.

[5] Оводенко, 1913, стр. 126 и сл.; «Общий обзор горн. пром.», 1915, стр. 58; Полевой, 1915, стр. 103—108; 1916, стр. 153 и сл. О старинных непроверенных указаниях на золотоносность Командорских островов (о-в Беринга) см. Dybowski, 1885, стр. 8.

[6] Богданович, 1901 (2), стр. 156; Корзухин, 1906, стр. 380.

[7] Реутовский, 1905 (1), стр. 471 и сл.; Кишенский, 1898, № 5; Богданович, 1897 и Боголюбский, 1876, стр. 55 и сл.

[8] Калистов, 1903; Анерт, 1908, стр. 517; Тихонович и Полевой, 1910, стр. 746 и сл.

168. В *Степной и Средне-Азиатской России* золотоносные месторождения мало исследованы. В *Тургайской обл.*, в *Кустанайском у.*, с 1911 г. начали разрабатываться коренные месторождения золота по р. Шыртанды, впадающей в Тобол, в 8—10 км от пос. Тургеневского — кварцевые жилы в крайне разрушенном граните. Золото в пирите и арсенопирите. Проба 73—80. Есть и россыпи[1]. Другое поле кварцевых жил по р. Суундуку и его притоку (Урус-Кискану), в гранодиорите и биотитовом и роговообманковом сланце продолжается между реками Айдырлы и Канады. По Тихоновичу, в низовьях р. Ори третичные пески заключают золото.

В *Акмолинской обл.*[2], в *Кокчетавском у.*, находятся многочисленные бедные золотые россыпи в бассейнах рек Джаныса, Азбая и т. д. В 1890-х годах добывалось во всех россыпях около 32 кг золота. Произошли они, вероятно, разрушением кварцевых золотоносных жил. Такие жилы известны, например, около оз. Джукей, где они когда-то даже работались.

В Семипалатинской обл.[3], *в Усть-Каменогорском у.*, россыпи находятся в системе рек бассейна Иртыша, в Калбинских горах; кое-где попадались самородки (по ключу Сарбулаку, бассейн р. Сенташа и т. д.). Во многих местах найдены кварцевые золотоносные жилы, которые кое-где разрабатывались (Николаевский рудник по Кундус-Катыпу и т. д.)[4]. В бассейне р. Курчума золотые россыпи приурочены к областям метаморфических сланцев[5]. По А. Нечаеву, золото здесь большей частью выработано. Но есть богатые коренные месторождения, в некоторых случаях более 31,2 г Au на 1 т руды. В Митрофановском руднике в среднем — 84,6 г на 1 т (добыто в 1913 г. 65 кг). В Калбинском хребте разработка Au шла еще в эпоху каменного века (например, остатки каменных орудий найдены в руднике Казан-Чункур и т. д.). Остатки древних разработок встречены в очень многих местах. Началась разработка сперва россыпей в начале XIX века. Ширина россыпей 30—40 м; толщина золотоносных глин 0,2—1 м. Количество золота сильно колеблется; в верховьях встречаются самородки до 2 кг. Золото (иногда с кварцем) в пластинках, чешуйках. Высокопробное (90,5—94). С 1899 г. началась разработка коренных месторождений; кварцевые жилы (с пиритом) в песчаниках и глинистых сланцах, изменчивой мощности; количество Au в них сильно колеблется (на Удалом и Митрофановском рудниках от 5,2 г и больше на 1 т кварца). Золото иногда связано с разрушенным пиритом, иногда — непосредственно в кварце. Пластинки, чешуйки, дендриты. Самый глубокий рудник — Удалой — 140 м, но никакого изменения в характере золотоносности не наблюдалось[6]. Коренные богатые месторождения известны и в Нарымском хребте, около ст. Алтайской («Общий обзор...», 1915, стр. 39).

---

[1] Отчет Геол. ком. на 1915 г., Пг., 1916, стр. 65; Д. Соколов, 1918, стр. 13 и сл.

[2] Реутовский, 1905 (1), стр. 253 и сл.; Краснопольский, 1900, стр. 284; Влангали, 1853, стр. 355 и сл. Общую сводку старых сведений см. Спасский, 1827.

[3] Влангали, 1853; Реутовский, 1905 (1), стр. 258 и сл., 265; Коцовский, 1894, стр. 7 и др.

[4] О золотых месторождениях Калбинского хребта см. Гернет, 1911, стр. 92; Янишевский, 1913, стр. 756; Hergenreder, 1909, стр. 166 и сл. Об Усть-Каменогорском у. см. Гриндлер, 1915. В коллекции Академии Наук есть образцы из рудника Лесть, уроч. Алагирь Сулеаринской волости; кварцевые жилы с золотом и теннантитом.

[5] «Изв. Геол. ком.», 1914, стр. 107.

[6] Павлов, 1915, стр. 376 и сл.

В *Зайсанском у.* россыпи известны в системе рек Кальджира (Караагач), Май Копчегая и т. д.[1] Бедные золотые россыпи указаны в долине р. Тамырсыка. На северном склоне Восточного Тарбагатая давно разрабатывалось золото китайцами в наносах древних террас по р. Терс-Айрыку. Условия генезиса неясны.

В *Каркаралинском у.*, около Джелтавского пикета, золото встречено в серебро-свинцовой жиле (Свято-Макарьевское месторождение)[2].

В *Туркестане*[3] золото наблюдалось главным образом по притокам больших рек— Чирчика, Зеравшана, Таласа и др., в области гранитных и гранито-сланцевых пород.

В *Семиреченской обл.* первые указания на коренные месторождения золота были по р. Кок-Су; золото с пиритом в кварцевых жилах, прорезающих девонские сланцы, кроме того, коренное золото найдено в граните[4]. Россыпи золота в *Джаркентском у.*, в бассейне рек Или, Кетменки и др.[5] В приисках по р. Кетменке золото крупное. Коренное месторождение связано с линзами кварца среди окремнелых фельзитов. В *Копальском у.* россыпи указаны по рекам Тентеку, Коре, Ак-Икче и др. Здесь встречено очень мелкое золото, распределенное во всем речном наносе[6].

В *Сыр-Дарьинской обл.* пески Сыр-Дарьи, Чирчика и других рек золотоносны[7]. Золотоносен бассейн р. Чаткал; наиболее богата р. Санталаш[7]. В *Чимкентском у.* есть указания на р. Куркурсу и др. в Таласском Ала-Тау. Коренное золото в кварцевых жилах указывалось в Кызыл-Кумах, в районе Тохта-Тау[8].

В *Самаркандской обл.* тонкое и мелкое золото найдено в речном песке р. Зеравшана[9].

В *Ферганской обл.*[10] для *Ошского у.* есть указания на старые разработки золота и электрума (?) на уроч. Полис, между реками Танымас и Таш-Турпак. В *Маргеланском у.* местные жители работают золото по р. Мук-Су и главным образом по ее притоку Саук-Су (Соук-Су); золото мелкое, с самородной медью. Коренные выходы известны в бассейне р. Мук-Су, по р. Джаргучаку; это кварцевые жилы, линзы и чечевицы в кислых

---

[1] Реутовский, 1905 (1), стр. 264; Васильевский, 1914, стр. 1103. О Тарбагатае см. Сарсадский, 1915, стр. 163.

[2] Реутовский, 1905 (1), стр. 184.

[3] О золоте в Туркестане—Мушкетов, 1906, стр. 262 и сл.; Андреев, 1912.

[4] Вебер, 1913, стр. 20—24.

[5] Бруснцын, 1892, стр. 464; С. Кулибин, 1900, стр. 3—5; Реутовский, 1905 (1), стр. 266; Андреев, 1912, стр. 36; Вебер, 1913, стр. 176; 1917, стр. 75.

[6] Фальк, 1786, стр. 57 (добывалось в XVIII веке); Мушкетов, 1878 (1); Брусницын, 1892, стр. 459.

[7] Для Чирчика — Фальк, 1786; Краевский, 1868, стр. 309 и сл. Для Санталаша — Вебер, 1909. Для Аулиеатинского у. перечисление заявок см. Андреев, 1912, стр. 30. Также для Чимкентского и Ташкентского у. — Северцов, 1873, стр. 73, 82; Вебер, 1913, стр. 63 (Чимкентский у.), 55 (Аулиеатинский у.).

[8] Зарудный, 1915, стр. 364, 377.

[9] Богословский, 1842, стр. 21; Бутенев, 1842, стр. 138; Андреев, 1912, стр. 34; Мышенков, 1871 (1), стр. 285 и сл.

[10] Перечисление заявок в уездах Наманганском, Скобелевском, Кокандском и Ошском дано у Андреева, 1912, стр. 32, 34. О Наманганском у.—Вебер, 1913, стр. 88; об Ошском — Михайлов, 1895, стр. 327; о Маргеланском — Коржеевский, 1904; Михайлов, 1895, стр. 327; Ошанин, 1880. О Саук-Сае см. Поклевский-Козелл, 1915, стр. 54; Вебер, 1917, стр. 39. О Кокандском у.— Вебер, 1913, стр. 121. О ничтожных россыпях в послетретичных конгломератах в долине р. Кассан и окрестных — Вельяминов-Зернов, 1857, стр. 124; Мушкетов, 1886, стр. 483; 1906, стр. 149, 263.

породах, богатых видимым золотом. Жилы переходят на левый берег Саук-Су. Содержание золота от 0,02—0,04 до 7,8—10,4 г на 1 т. В *Кокандском у.* золото моют по р. Соху (приток р. Сыр-Дарьи) и его притокам (р. Зардаш).

169. В *Бухаре*[1] россыпное золото известно издавна. Оно находится здесь в конгломератах (§ 127). Генезис этих конгломератов не вполне установлен — это или морские третичные или ледниковые отложения. Такие россыпи сосредоточены по отрогам Дарваза[2], в Восточной Бухаре. Дальнейшим размыванием этих конгломератов золото попадает в современный горный аллювий и выносится современными реками бассейна Зеравшана и Аму-Дарьи. Везде здесь оно является искони добычей искателей[3]. Коренные месторождения указаны в Сафет-Дарье и др., в виде кварцевых жил. Всего, по официальным русским данным, в год в Бухаре намывается 0,65—0,80 т золота, из которых только 0,04 т поступало в бухарскую казну[4].

170. *Урянхайский край*[5] (Тувинская авт. обл.). В первой половине XIX столетия золотосодержащие россыпи были найдены по притокам р. Систикема, Большому и Малому Алгиакам и Черной речке. Но на восточном склоне Алгиакского хребта найдены кварцевые жилы с золотом. В 1870-х годах золото обнаружено (но не имело практического значения) по р. Серлиху, притокам р. Оджи, речкам Чинге, Куликему, Темир-Суку и Турану; в 1880-х годах — в верховьях р. Ута. В XX веке открыто, повидимому, более серьезное месторождение по правым притокам р. Тапсы, в системе р. Караламых-Кем, и россыпи по склонам хр. Танну-Ола (истоки р. Элегеста ?)[6].

171. Небогатые месторождения находятся в *Финляндии.* Здесь на севере, в Лапландии, в *Улеаборгской губ.*, золото указывалось уже в начале XIX столетия, но лишь в 1837 г. находки Эльфвинга обратили на него внимание[7]. Здесь во многих местах на границе с Норвегией, по рекам Ивало, Сота, Пальсинойа и др., наблюдаются бедные золотоносные россыпи, содержащие золото и платину. В 1900 г. впервые найдены коренные месторождения — кварцево-сидеритовые жилы, проходящие в гранулитах. Эти жилы содержат кальцит, гематит, магнетит, пирит, магнезит, немного халькопирита. Любопытно содержание платины (§ 84). Повидимому, более богатые золотом верхние части этих жил (железные шапки) были разрушены во время ледникового периода и дали начало современным золотоносным россыпям.

В *Або-Бьернборгской губ.*, в *окр. Киско*, золото найдено в Илиярви[8].

---

[1] Золото в Бухаре уже указывал Севергин (1791, стр. 59). Krafft, 1899, стр. 37 и сл.; A. Levat, 1903, стр. 198 и сл.; Михайлов, 1895; Rickmers, 1899, стр. 606; Шостковский, 1897, стр. 98; Вебер, 1913, стр. 156 и сл.; Д. Иванов, 1886, стр. 269; Андреев, 1912, стр. 174 (Дарваз, Гиссар, Курган-Тюбе, Бальджуан, Рушан). О добыче россыпного золота в р. Вахш см. Нечаев, 1914, стр. 65; С. Михайловский, 1914, стр. 107. Золото находится и в сопредельных областях России (Krafft, 1901, стр. 63).

[2] Ср. еще Бутенев, 1842, стр. 141; Журавко-Покорский, 1895. Добывали в Бухаре до 130 кг золота.

[3] Krafft, 1899, стр. 39; A. Levat, 1902, стр. 444 и сл.

[4] Вебер, 1916, стр. 80.

[5] О золоте в Урянхайском краесм. Родевич, 1910, стр. 152; Африканов, 1880, стр. 45; Латкин, 1892, стр. 241; Грум-Гржимайло, 1914, стр. 532 и сл.

[6] «Изв. Геол. ком.», 1914, **33**, стр. 20—21.

[7] Jernström, 1874, стр. 4; Fircks, 1906 (1), литература.

[8] Sederholm, 1911, стр. 21; Palmen, 1911.

Бедные россыпи находятся и в других местах Финляндии. Так, они указаны по границе с Архангельской губ., в *окр. Кемь* и *Куусамо*[1]. В Куусамо аллювий всех рек бассейна Белого моря содержит очень мелкое и бедное золото. Кое-где (Миллюпуро, Лаутайоки и т. д.) встречались более крупные кусочки золота[2].

В *Выборгской губ.* россыпное золото указано в *Сердобольском у.*[3]

172. Электрум и медистое золото в России. Из разностей золота наиболее распространен электрум[4]. На *Урале* электрум, может быть, более распространен, чем предполагается. К сожалению, у нас очень мало анализов уральского золота. К электруму близко золото некоторых месторождений Южного Урала.

Так, в *Оренбургской губ.* к нему надо отнести золото Ильинского прииска около Петропавловского рудника, в *Златоустовском горном округе*[5]. Точно так же и часть золота *Качкарской* системы, вероятно, представляет из себя электрум (§ 155).

На *Кавказе* — в *Елисаветпольской губ.*, в *Елисаветпольском у.* (§ 158), в *Эриванской губ.* (§ 158).

Электрум обычен в *Сибири*, в *Томской губ.*, на *Алтае*, где находился древний центр его добычи (§ 150). Здесь он находится в Змеиногорском руднике (§ 159), Семеновском, в верхних горизонтах Черепановского рудника (в Зыряновском, Крюковском и др.) и т. д. Он встречен в кварцевой жиле Семеновского прииска по р. Шалтыр-Кожуху. В Греховском руднике он найден в охрах[6].

В *Кузнецком окр.* электрум наблюдался в Кедровской россыпи по р. Кедровке (коллекция Томского университета).

Вероятно, электрум находится в *Енисейской губ.*, в *Енисейском у.* (§ 159).

В *Якутской обл.* он наблюдался в системе Ленских золотоносных россыпей; так, анализ одной «золотинки» из Пророко-Ильинского прииска (по р. Ныгри) дал Ненадкевичу 43,33% Ag. Другое золото этого прииска было высокопробное[7].

Вероятно, золото наблюдается и в россыпях *Амурской обл.*, где иногда среди высокопробного золота указываются «серебристые золотины» (например, в Успенском прииске бассейна Эмака, Зейского района)[8].

Для *Средне-Азиатской России*, *Ферганской обл.*, *Ошского у.*, есть указания у Михайлова (1895, стр. 327), требующие подтверждения.

Медистое золото отмечено на *Урале* и, вероятно, более там распространено, чем это думают. Обычно его не отличают от самородного золота.

В *Пермской губ.* оно находится в *Кыштымском окр.*, в Соймоновской долине, на горе Карабаш (§ 154). Возможно его нахождение в россыпях около *Горношита* (§ 154). (Ср. также § 132).

---

[1] Fircks, 1906 (1); Гофман, 1847; Holmberg, 1857 (2), стр. 47—48; A. Nordenskiöld, 1863, стр. 4.

[2] Holmberg, 1856, стр. 61—62.

[3] Севергин, 1805, стр. 126 и сл.

[4] Сомнительно указание на его нахождение в Кандалакшской губе— Гинзбург, 1921 (серебро золотистое).

[5] Гурьев, 1834, стр. 13: «золотистое серебро». Здесь электрум встречен гнездами среди обычного золота. М. Карпинский, 1840 (2), стр. 218.

[6] Об электруме на Алтае см. Севергин, 1809, стр. 111; Бояршинов, 1845, стр. 22; Реутовский, 1905 (1), стр. 303; Пилипенко, 1915, стр. 324—329.

[7] А. Герасимов, 1907 (2), стр. 143.

[8] Рязанов, 1903, стр. 140.

Кюстелит в России не наблюдается.

173. Серебро в России. Самородное серебро наблюдалось в пределах Европейской России изредка и в небольшом количестве[1].

В *Архангельской губ.*, в *Онежском у.*, самородное серебро находилось на Медвежьем острове (в Парьегубском заливе, в Кандалакшской губе), где в первой половине XVIII столетия находили сплошные куски серебра; его встречали в морском песке на берегу. Серебряные самородки древовидного строения, с преобладанием {111}, нередко встречались в кальцитовых жилах со светлой цинковой обманкой[2]. Серебро находилось здесь в верхних частях жил серебросодержащего галенита, было быстро выработано и никогда не имело практического значения. А между тем это была самая большая находка самородного серебра в Европейской России. В *Кемском у.* указано оно в старинном Воицком руднике (§ 152). Оно наблюдалось также в кальцитовых жилах галенита на о-ве Седловатом[3]. Другие указания сомнительны[4].

В *Олонецкой губ.* «знаки» самородного серебра (и меди) указаны Князевым в XVIII столетии в кварцевой жиле в Пялозерском руднике в уроч. Кедес-Наволок[5].

В *Области Войска Донского*, в *Миусском окр.*, в Нагольном кряже, в Семеновском бугре[6]. Встречалось с амальгамой (содержит Hg) (ср. § 188).

В *Царстве Польском*, в *Келецкой губ.*, редко наблюдалось в Медзяной горе[7].

На *Кавказе* оно не раз наблюдалось в россыпях. Так, оно указано в *Елисаветпольской губ.*, в *Елисаветпольском у.*, по р. Кашкар-Чай (бассейн Куры), в бедной золотоносной россыпи[8]. В *Казахском у.*, по р. Акстафе, встречено тоже в золотоносной россыпи[9].

174. На *Урале* серебро встречается в небольшом количестве и является минералогической редкостью. Оно попадалось обычно в железных шапках при первых разработках рудников. В *Пермской губ.*, в *Верхотурском у.*, в *Богословском горном округе*, оно наблюдалось в Турьинских рудниках, главным образом во Фроловском руднике, где находилось с медными рудами и образовалось распадением блеклой руды; серебро встречалось там в виде превосходных дендритов, елочками в кальците и в виде пластинок (коллекция Академии Наук)[10]; также

---

[1] Кроме указанных ниже месторождений, можно отметить, что старинные авторы указывают нахождение серебряных блесток вместе с золотом около Мурома, в Оке (§ 152). Паллас (1773, стр. 57) склоняется к мнению, что эти блестки представляют остатки предметов человеческого обихода.

[2] Коллекция Академии Наук. Широкшин, 1835, стр. 423 и сл.; Арсеньев, 1830, стр. 295. —

[3] Лопатинский, 1826, стр. 76; Е. Федоров, 1904, стр. 227.

[4] О сомнительном нахождении на Новой Земле см. Чернышев, 1885, стр. 412.

[5] Мошанский, 1916, стр. 153.

[6] Самойлов, 1906, стр. 93.

[7] Куп, 1829, стр. 224 Серебро из этой местности не указано в наиболее полном списке минералов Польши у Блёде, 1839. Однако указания Куна вообще очень точны, и нахождение небольших количеств самородного серебра парагенетически в данном месторождении вполне возможно.

[8] Гурьев, 1878, стр. 116; 1830, стр. 168.

[9] Иваницкий, 1853, стр. 120.

[10] В кристаллах находилось в гранате (Бегер, 1826 (2), стр. 41), в медных рудах (Вагнер, 1818, стр. 104).

наблюдалось в Васильевском и Суходойском рудниках[1]. В *Нижне-Тагильском горном округе* встречалось в рудниках Уткинском, редко в Павловском, Чудовском и Анатольевском[2]. Оно произошло здесь разрушением галенита.

В *Екатеринбургском у.*, в *Екатеринбургском горном округе*, находилось в Первоблагодатном руднике, где произошло из галенита. Оно наблюдалось в виде налетов и волосков в свинцовой охре[3]. В дачах Каменского завода встречено было в Соймоновской долине, самородки серебра до 4 г весом находились в железной шапке Смирновского рудника[4].

Несколько в стороне стоят одиночные указания на нахождение его в осадочных пермских отложениях Предуралья, например около Азовы и Лесов[5], на Каме, в *Пермском у.*, в известняках (содержащих в пустотах барит) и песчаниках, вместе с медными рудами. Серебро здесь встречается в очень небольших количествах и редко видно глазу.

В *Оренбургской губ.*, в *Троицком у.*, в Качкарской системе, в Михайловском руднике, оно указано с эмболитом; может быть, встречалось в Преображенском руднике[6]. Оно попадалось и в россыпях Южного Урала, например, тонкие налеты его найдены на прииске Ольшевского (коллекция Академии Наук).

175. Главные месторождения серебра сосредоточены в *Сибири* в *Томской губ.*, на *Алтае*[7], где оно встречалось в XVIII столетии в количествах, позволявших его добычу как руды. Оно наблюдалось в рудниках Змеиногорском[8], Петровском (редко в барите, большей частью в охрах)[9], Зыряновском[10] (частью пластинки «снежного серебра»), Николаевском (изредка в начале разработок), Риддерском[11], Семеновском[12], Белоусовском[13],

---

[1] [Н. Попов], 1811, стр. 21. «Отчет Геол. музея Акад. Наук за 1905», СПб., 1906, стр. 219 (коллекция В. А. Иоссы).

[2] Бутенев, 1834, стр. 442 («признаки»); Колтовской, 1846, стр. 294, 302 («налетелое»); А. Николаев, 1908, стр. 507.

[3] Эрдман, 1826, стр. 125; Окладных, 1868, стр. 380; Чайковский, 1838, стр. 131; 1830, стр. 298.

[4] А. Николаев, 1908, стр. 507.

[5] Гельм, 1820, стр. 4 и сл. В более новой работе Краснопольского (1889, стр. 58—59) не упоминается о нахождении серебра и барита в пермских слоях около Азовы. Краснопольский работу Гельма оставил вообще без внимания. Гельм дает анализ барита (содержит Sr). Гельм был одним из тонких наблюдателей минералов в России в начале XIX века. Много его наблюдений опубликовано Розе в его классическом труде по Уралу. Об анализе им платины см. § 82. О Гельме см. «Recueil des actes de la séance publ. Acad. Sci. SPb., 1827», SPb., 1828, стр. 96; И. Бородин, 1908, стр. 25. Нахождение Ag в медистых песчаниках Урала очень вероятно. Помимо аналогии с другими странами, например Германией или Юта (§ 135), пермские песчаники Предуралья содержат Sn, V, Ni и т. д., т. е. богаты элементами, не отделенными друг от друга во время процессов выветривания. Минералогия этих отложений требует изучения.

[6] А. Карпинский, 1881; А. Николаев, 1908, стр. 507. В Преображенском руднике указывается с сомнением. О серебре Качкарской системы см. W. Beck, 1876, стр. 163.

[7] Ср. литературу — золото, § 159. Пилипенко, 1915, стр. 331—338.

[8] И. Герман, 1801, стр. 130; 1802, стр. 288; Реноманц, 1788, стр. 131; Шангин, 1808, стр. 13. Часто — пластинки (электрум). Для серебра указывались волосатые и дендритовые кристаллы. Очень редко встречались мелкие {111}.

[9] Шангин, 1808, стр. 27.

[10] И. Герман, 1801, стр. 223; Шангин, 1808, стр. 52; Гривнак, 1873, стр. 195.

[11] Шангин, 1808, стр. 63, (Николаевский), 69. Попадалось в роговике и охрах в форме дендритовых скоплений (Гривнак, 1873, стр. 245). Встречены сростки {111} (Пилипенко, 1915, стр. 336).

[12] «Горн. журн.», 1835, II, стр. 554 и сл. Щуровский, 1846, стр. 358

[13] Гривнак, 1873, стр. 226.

Сокольном[1], Черепановском (в горизонте сернистых руд)[2], Заводинском (налеты на кварце, изредка)[3], Таловском[4].

Большие массы серебра были сосредоточены в Крюковском руднике; здесь серебро, повидимому, частью самородное, частью хлористое, было сосредоточено в лимонитах и глинах верхних частей месторождения; в «тальковатых глинах» на 1 т приходилось до 125 г серебра[5]. Особенно своеобразно было старинное серебро в Семеновском руднике, найденное в свинцовой и железной охре. Оно имело характер снежных хлопьев, которые летели при дуновении; отдельные куски такой охры были полны серебряных хлопьев[6]. Пластинки серебра представляли собой двойники по {111}. Своеобразно серебро цинковое из Сокольного рудника. Развиты формы: {100}, {111}, {110}, {311}, двойники по {111}. Повидимому, его генезис связан с восстановлением органическим веществом. Серебро для Алтая мелко рассеянное. Оно образуется вторичными процессами. Золота не содержит[7]. Другое любопытное месторождение встречено было в Салаирских рудниках — пластинки блестящего серебра[8]. *В Бийском у.* серебро встречено в фельзитовом порфире около р. Эгули (бассейн Катуни), с золотом (§ 159).

В *Енисейской губ.*, в *Минусинском у.*, серебро наблюдалось в Воскресенской россыпи по р. Куртучикему (бассейн р. Уса)[9]; принималось за платину (§ 84). Серебро встречено в Усинском крае, в россыпях по рекам Ключу, Асколу системы р. Юргуна (самородок 0,23 кг в собрании Академии Наук — «Тр. Геол. музея», VIII, 1915, стр. 32), по системе р. Золотой.

В *Забайкальской обл.*, в *Нерчинско-Заводском окр.*, в Ново-Зерентуйском[10], Воздвиженском рудниках (небольшие зерна и листочки серебра встречены в «известковом камне» с окислами марганца[11]); наблюдалось в Дмитриевском[12] («налетелое на глинистом железняке»)[11], Преображенском рудниках[13], около Ивановского рудника найдено на лимоните[12] в пади Листвянке.

Серебро весьма часто наблюдалось в «железной шапке», в бурых железняках и охрах разных старинных разработок Нерчинских рудников. Но характер его нахождения неясен, оно глазом не видно (до 1,5 г на 1 т лимонита и т. д.), и, может быть, сосредоточено в богатом серебром галените[12]. Скорее, однако, здесь надо предположить галоидные соединения серебра, смешанные с самородным серебром, аналогично «pacos» Южной Америки (§ 151). Самородное серебро встречалось также в золотоносных приисках по р. Жарче, бассейн р. Нерчи (музей в Чите, 1914).

---

[1] Ренованц, 1788, стр. 198; И. Герман, 1801, стр. 177; Гривнак, 1873, стр. 253.
[2] Бояршинов, 1845, стр. 22.
[3] Миклашевский, 1871, стр. 202.
[4] И. Герман, 1801, стр. 249.
[5] Щуровский, 1846, стр. 127.
[6] Ренованц, 1788, стр. 211. Встречались кристаллы и пластины. См. еще И. Герман, 1801, стр. 257.
[7] Пилипенко, 1915, стр. 337—338.
[8] И. Герман, 1801 (2), стр. 276; Шангин, 1808, стр. 79.
[9] Еремеев, 1898, стр. XV.
[10] Неизвестный мне русский автор (1780) в «Neue Nordische Beiträge», IV SPb., 1783, стр. 245 (редко волосатое).
[11] А. Кулибин, 1827, стр. 485.
[12] Коврыгин, 1839, стр. 414.
[13] Филев, 1835, стр. 264; Коврыгин, 1839, стр. 414.

В небольшом количестве самородное серебро встречено в россыпях Западной и Восточной Сибири, например в золотоносных россыпях *Нерчинского окр.*, по р. Малому Урюму, наблюдались его дендриты в виде кристаллов {100}, {111} и самородки (система р. Шилки)[1]; попадалось оно и в россыпях в *Баргузинском окр.*, например в Александровском прииске, по р. Витимкану[2].

В *Приморской обл.*, на *Камчатке*, найдено на плотном железняке.

В *Степной* и *Средне-Азиатской России*, в *Семипалатинской обл.*, в *Каркаралинском у.*, Акчетавской волости, в руднике Кызыл-Эспе, находили тонкие пластинки самородного серебра в месторождении свинцовых и медных руд[3], указано в Беркаринской волости, в Беркаринском свинцово-серебряном руднике, также в Свято-Макарьевском, около Джелтавского пикета[4].

Разность серебра — медистое серебро — указана в Зыряновском руднике (разведки 1855 г.)[5]. Это неоднородный агрегат чешуек меди и серебра.

176. *Финляндия, Выборгская губ.* Серебро наблюдалось изредка в Питкаранте в виде новообразований в разрушенных областях рудников Шварца, Мейера, Николаи[6]. Здесь попадались пластинки в несколько миллиметров толщиной, в связи с железными соединениями (магнетит и т. д.).

177. Определение. Среди физических свойств минералов этой группы особенное значение имеют удельный вес и цвет. Удельный вес для разных тел группы выражается следующими числами:

Золото	19,3—15,6
Электрум	около 15 и немного выше
Медистое золото . . .	15,2
Кюстелит	11—12
Серебро	10,4

Цвет золота тем более белый, чем оно ближе к электруму. Цвет медистого золота с ясным красным (медным) оттенком. Серебро в природе большей частью черное, вследствие того, что оно покрыто продуктами изменения (§ 136), иногда белое или желтое с побежалостью, но есть разности чистого белого серебра. Твердость всех этих минералов 2—3, причем разности самородного золота, богатые серебром, тверже. Очень ковки. Излом занозистый. По внешнему виду кристаллов обыкновенно неотличимы, хотя кристаллизуются в разных классах правильной системы (ср. § 106, 108). Спайности нет. Плавятся. Температура плавления для сплавов Au и Ag непостоянная (ср. § 104). При сплавлении самородного золота в восстановительном пламени в фосфорной соли получается мутный желтоватый перл,

[1] Еремеев, 1895, прот., стр. 39.
[2] Тихомиров, 1899, стр. 489.
[3] И. Антипов, 1892, стр. 327; Еремеев, 1871 (1), стр. 449.
[4] Реутовский, 1905 (1), стр. 184.
[5] В официальном отчете разведок (Бояршинова?) говорится, что в стеатите «в виде примазки и тонких листочков заключалось соединение самородного серебра с самородной медью, или, так сказать, медистое серебро. Весьма трудно объяснить, каким образом образуется это соединение самородных металлов вблизи колчеданов, будучи с ним притом в такой тесной связи, если не приписать его влиянию гальванического подземного тока, этого мощного, но загадочного еще деятеля природы» («Горн. журнал», 1856, II, стр. 371). О прорастании меди и серебра (медистое серебро) см. Пилипенко, 1915, стр. 335.
[6] Trüstedt, 1907, стр. 111, 124, 167, 328.

тем более резкий, чем больше в золоте серебра. Однако мутный перл получается уже при 0,25% Ag[1]. Дает обычные химические реакции на Au и Ag. Медистое золото дает резкую реакцию на медь. Самородное золото растворимо в царской водке, электрум и самородное серебро в раствор нацело не переходят (выделяется AgCl). Отдельно HNO_3 и HCl не растворяют золота, серебро растворяется в HNO_3 нацело, электрум отчасти.

Природные золото — серебро — висмут

Бисмутаурит. Мальдонит. Чиленит

178. Химический состав и физические свойства. Мало изученные висмутистые соединения золота и серебра принадлежат к группе тел, химический характер которых неясен. Вначале их всех относили к определенным соединениям, однако этому противоречит изучение сплавов золота и серебра с висмутом.

Отдельные соединения висмута и золота — Au_3Bi и Au_2Bi_3 пытались вывести из изучения их сплавов[2], однако работа Фогеля[3], повидимому, вполне доказывает ошибочность этих предположений. Согласно опытам Фогеля, в сплаве Au—Bi нет места не только этим телам, но даже Au_2Bi и минералу мальдониту[4], существование которого очень вероятно[5].

По опытам Фогеля, при сплавлении висмут, в количестве до 4%, растворяется в золоте и дает с ним при застывании твердый раствор — (Au,Bi); при большем количестве висмута получается эвтектическая смесь, состоящая из Bi и (Au,Bi).

Сплавы висмута с серебром изучены еще меньше сплавов золота[6]. Однако и здесь, при сплавлении висмута с серебром, получаются однородные сплавы серебра, заключающие до 5% Bi, и образуется эвтектика. Эвтектический сплав содержит около 2,5% Ag. При большом количестве висмута получается неоднородная смесь раствора висмута в серебре и эвтектического сплава. Определенных соединений висмута и серебра, повидимому, не существует[6].

Таким образом, можно ждать, что природные минералы висмутистого золота распадаются на две группы:

1. Бедные Bi (до 4%) — бисмутаурит, формулы (Au,Bi).
2. Богатые Bi, заключающие его больше 4%, — эвтектическая смесь бисмутаурита и висмута. Чистая эвтектическая смесь Au—Bi содержит 12% Au и 88% Bi. Таким образом, на основании этих работ необходимо было бы допустить для мальдонита неоднородное строение, на что у нас нет никаких указаний.

Точно так же для чиленита, судя по числам анализов, надо ждать двух тел: для разностей его, более богатых висмутом (>5%), надо предполагать не однородную структуру, а смесь из (Ag, Bi) и эвтектики Bi + (Ag, Bi), тогда как разности, более бедные висмутом, могут быть рассматриваемы как раствор (Ag,Bi).

---

[1] G. Rose, 1842 (1). стр. 406—407.
[2] Rössler, 1895, стр. 70; Maey, 1901, стр. 298.
[3] R. Vogel, 1906, стр. 146 и сл.
[4] Mac Ivor, 1887, стр. 191.
[5] [Мальдонит является тонким мирмекитовым срастанием самородных золота и висмута; он образуется распадом Au_2Bi]
[6] Петренко, 1906, стр. 133 и сл. (литература).

Однако не надо преувеличивать значения опытов над искусственными сплавами для выяснения состава наблюдаемых в природе соединений. Золото с висмутом может давать в природе соединения при условиях, не совпадающих с распадением их сплавов, причем могут образовываться определенные соединения, неустойчивые в термодинамических условиях сплавов. Как анализы, так и свойства природного мальдонита заставляют допускать возможность соединения Au_2Bi; приходится рассматривать его, как определенное соединение золота и висмута, а не как смесь висмута (или эвтектики висмут-бисмутаурит) и бисмутаурита.

Вопрос требует нового исследования.

179. Химический состав природных минералов виден из следующих чисел анализов[1]:

	Au	Bi	Ag	Cu
1. Бисмутаурит	94,2	2,9	2,8	0,1
2. Мальдонит	64,5—65,1	34,9—35,5	—	—
3. Au_2Bi	65,37	34,68	—	—
4. Чиленит	—	2,7—15,3	84,7—97	—
5. Висмутистое золото[2]	78,41	14,81	5,62	Сл.

180. Кристаллическая форма мальдонита не изучена. Даже кристаллическая система не может считаться установленной. Основанием для нее могут служить лишь полиэдры спайности. Мальдонит кристаллизуется в правильной или гексагональной системе. Ясная спайность его идет по трем направлениям: по кубу правильной системы или по ромбоэдру гексагональной. Отклонения от 90° делают очень вероятной гексагональную систему[3].

Кристаллы бисмутаурита не указаны. Внешность его пластинок неотличима от пластинок самородного золота. Чиленит находится в природе в виде зернистых кристаллических масс. Таким образом, кристаллическая форма всех этих тел, так же как всех растворов висмута в золоте и серебре, требует пересмотра и исследования.

181. Распространение в земной коре. Очень возможно, что висмутистое золото различного характера довольно распространено в месторождениях золота. В некоторых пиритах, заключающих висмут, золото не амальгамируется и, должно быть, находится в виде (Au,Bi)[4]. Вероятно, более тщательное определение минералогических разностей, чем это теперь в обычае, укажет на большее распространение висмутистого золота в природе. Теперь его обычно не отличают от простого самородного золота. Существование месторождений самородного золота, связанного с соединениями висмута, делает вероятность большого распространения висмутистого золота еще большей (§ 120).

Местами известно и теперь настоящее висмутистое золото отдельно от самородного золота, повидимому в жильных месторождениях, связанных с гранитом. Так, висмутистое золото — мальдонит — находилось одно время в Австралии (около Мальдона) в аплитовых дайках,

[1] C. Hintze, I, 1898, стр. 320, 432; Ненадкевич, 1907, стр. 83 (бисмутаурит); Domeyko, 1897, стр. 358 (чиленит).

[2] Висмутистое золото из россыпей Оуэна в Новой Зеландии (Skey, 1887, стр. 454), может быть, является смесью. Одновременно попадались кусочки самородного висмута.

[3] Ульрих (Ulrich, 1870, стр. 4) указывает кубическую спайность, Рат (Rath, 1877 (1))— ромбоэдрическую. [Неясность спайности и симметрии связана с прорастанием золота — правильной системы и висмута — гексагональной системы].

[4] Pearce, 1890, стр. 451; David, 1891, стр. 104.

может быть в штокверках (в грейзене)[1]. В золотоносных россыпях р. Ринг в Тасмании золото висмутистое — приближается к мальдониту[2]. Повидимому, некоторые золотоносные руды Колорадо состояли из висмутистого золота. Так, в Ледвилле руда из рудника Хайленд-Мэри содержала золото, серебро и висмут и ценилась как висмутовая руда. То же в Ла-Хата-Каунти, где руда содержала 11,6—15,97% Bi, а в Колорадо до 18% Bi[3]. Висмутистое золото находится в россыпях Оуэн в Новой Зеландии[4]. При аналогичных условиях находился бисмутаурит на Урале — должно быть, в контактных золотоносных жилах (§ 117).

Вероятно, не так редок и чиленит. Он указан в нескольких местностях Южной Америки. В Чили, в Копиапо, в руднике Сан-Антонио-дель-Потреро-Гранде, в начале разработок встречались куски чиленита весом до 10 кг; значительные скопления бедного висмутом чиленита известны и в других местах Чили, например, в Серро-Бокон в провинции Аконкагуа. Чиленит находится в жилах, богатых самородным висмутом, самородным серебром, домейкитом, халькозином и т. д., связанных с массивными породами, повидимому контактового характера[5].

В *России* мальдонит и чиленит неизвестны. Бисмутаурит одно время встречался с тетрадимитом в старинном Шилово-Исетском руднике (§ 120) на *Урале*[6], но не был отличен от самородного золота.

182. Определение. Бисмутаурит неотличим на вид от золота. Сплавленный, он дает хрупкий королек, желтый с поверхности, внутри красновато-серый (Ненадкевич). Уд. вес 17,6[7]. Мальдонит несколько темнее золота, с красноватым оттенком, но в свежем разломе светлобелый. Уд. вес 8,2—9,7. Обладает ясной спайностью по {100}. Ковок. Мальдонит дает ясный налет Bi; бисмутаурит дает ясный налет не всегда; ясная реакция на Bi с KCN. Твердость мальдонита 1—2, бисмутаурита 2—3. Растворим только в царской водке.

Чиленит очень похож на серебро, белого цвета, быстро на воздухе становится побежалым. Растворим в HNO_3. Ковок. Удельный вес не вполне чистого чиленита 6,6—6,8[8]. Твердость 3,5.

Ртуть и природные амальгамы: золото — серебро — ртуть

Ртуть. Конгсбергит. Аркверит. Золотая амальгама. Аурамальгама

183. Химический состав. Мы уже видели, что ртуть иногда входит в состав самородного серебра[9] и кюстелита (§ 105). Однако это наблюдается редко и в довольно исключительных случаях. Несмотря на свою способность легко растворять золото и серебро, в природе ртуть находится в условиях, довольно отличных от золота и серебра, и обычно отдельно от них. Поэтому удобнее выделить минералы, заключающие Au, Ag и Hg, в отдельную группу, так как Au и Ag встречаются в них при условиях,

[1] Ulrich, 1870, стр. 4; Rath, 1870 (1), стр. 73.
[2] Petterd, 1910, стр. 28.
[3] Неясно, не теллуристый ли висмут? Главная масса Bi в Хайленд-Мэри была в форме карбоната (Hess, 1911, стр. 729; 1913, стр. 11, оттиск).
[4] Skey, 1887, стр. 454.
[5] Domeyko, 1897, стр. 357; 1900, стр. 68, 363.
[6] Ненадкевич, 1907, стр. 82.
[7] Ср. неясные старинные указания у C. Hintze, I, 1898, стр. 320.
[8] Удельный вес искусственного Au_2Bi — 15,46, уд. вес Au — 19,3, а Bi — 9,75. Приведенные выше данные удельного веса мальдонита и чиленита слишком малы и, может быть, были получены для нечистого минерала.
[9] По пробам Домейко (Domeyko, 1900, стр. 268), в чилийском серебре и кераргирите небольшая примесь ртути обычна. Ср. для серебристой меди § 194.

не вполне совпадающих с обычным их нахождением в земной коре. Близкий к серебру по парагенезису элемент—медь—никогда в природе не дает медных амальгам.

Амальгамы золота и серебра бывают жидкие, полужидкие и твердые кристаллические. Для золота мы будем выделять два минерала: жидкую — золотую амальгаму и твердую—аурамальгаму. Между ними есть все переходы. Повидимому, наблюдается и жидкая серебряная амальгама (серебристая ртуть), к сожалению, не отличаемая обычно от ртути. Она явится крайним членом богатых ртутью твердых серебряных амальгам — аркверитов (см. ниже).

Химический состав природных амальгам чрезвычайно колеблется, так что их нельзя считать за определенные соединения. Они должны быть, вероятно, отнесены к типу твердых растворов или тонких механических смесей, частью даже, может быть, к смесям твердых и жидких тел[1]. Может быть, среди них находятся определенные химические соединения AgHg и Ag_3Hg_4[2], или AuHg, но они неотделимы от твердых растворов ртути в серебре. В природе находятся, впрочем, амальгамы, анализ которых дает числа, близкие к Ag_3Hg_4 и к AgHg (тальталин).

Ввиду неясности химического состава амальгам, я буду называть природные разности, более богатые ртутью, аркверитом[3], а разности, более богатые серебром, конгсбергитом. Очевидно, такое деление имеет исключительно формальный характер. Может быть, следовало бы выделить AgHg, Ag_3Hg_4 и разности, более богатые ртутью, чем Ag_3Hg_4. Но это можно будет сделать с несомненностью лишь после того, как будут лучше изучены природные и искусственные соединения серебра и ртути.

Во всяком случае уже теперь ясно, что было бы ошибочным соединять все природные серебряные амальгамы в один минерал, как это часто делают. Ибо уже Домейко заметил, что в некоторых случаях (в рудниках Лос-Бордос) в одном куске природной амальгамы можно различить три разных по химическому составу тела. Домейко считал, что среди амальгам надо различить по крайней мере семь минералов: $AgHg_2$ (из Pella de Mejiao), Ag_6Hg — аркверит, Ag_3Hg_4, AgHg — тальталин, Ag_5Hg, Ag_7Hg_2, Ag_2Hg_5 — бордозит. Джонс различает шесть искусственных амальгам, но они более богаты ртутью: AgHg, $AgHg_3$, $AgHg_{15}$ и т. д. Несомненно, количество природных амальгам не меньше трех — будут ли то определенные соединения или смеси[4]. Таким образом, и разделение твердых природных серебряных амальгам на конгсбергит и аркверит недостаточно. Но дальнейшие отличия сейчас не могут быть проведены с достаточной ясностью.

Еще меньше изучен химический состав природных золотых амальгам. Золото почти не растворимо в ртути. Указывалось для них на соединение AuHg, но все свойства изученных тел заставляют допускать скорее полную смесимость золота и ртути, т. е. образование смесей (Au, Hg).

---

[1] M. Berthelot, 1901, стр. 320 и сл.; Самойлов, 1906, стр. 95. Ср. сводку опытных данных у Иеннеке. Эти данные говорят о полной растворимости Ag, Au и Hg (Jennecke, 1909, стр. 223).

[2] Ogg, 1898, стр. 307; Reinders, 1904, стр. 654.

[3] Может быть, аркверит следовало бы выделить как определенное соединение, так как, по указанию Домейко (Domeyko, 1900, стр. 236), состав руды в Аркверо постоянен: 86,5% Ag и 13,5% Hg. Но от него, судя по другим местностям, есть все переходы до бордозита (Ag_2Hg_5).

[4] Domeyko, 1897, стр. 355, 360; Jones, 1910, стр. 337. Ср. еще А. Федоров, 1912, стр. 28 и сл. об эвтектике (Hg—AgHg) и твердых растворах (Ag—x).

Жидкая амальгама золота, вероятно, представляет эвтектику: жидкой Hg + (Au, Hg). Ртуть растворима в золоте: до 13 атомов ртути растворяются в 1 атоме золота. При 17,44 атомах Hg на 1 атом Au образуется или определенное соединение, или особый твердый раствор ртути в золоте (гексагональная система?)[1].

184. Химический состав природных амальгам виден из следующих чисел анализов[2]:

	Hg	Au	Ag	Cu	Pb
Золотые амальгамы	57,4—61,0	38,4—41,6	0—5,0	—	—
Серебряные амальгамы . . .	4,7—74,5	Сл.—0	25,5—95,3	0—0,2	0—0,4
Амальгама с Борнео	60,57	34,23	4,78	—	0,12

Кроме того, в зависимости от генезиса этих, всегда вторичных минералов, к ним примешаны иногда, может быть в виде тончайших механических подмесей, тела, содержащие Sb (иногда As)[3].

185. Самородная ртуть — последний член того же ряда — никогда не является тем химически чистым телом, которое мы знаем в лаборатории. Она всегда «загрязнена» — содержит металлы, большей частью серебро (серебристая ртуть — § 183) и т. д. Одновременно в ней находятся и окислы ртути, постоянно образующиеся на ее поверхности (§ 189). Нахождение кислородных соединений ртути в растворе, как известно, констатировано и для всей массы ртути, выделяющейся при некоторых химических реакциях[4].

186. Физические свойства. Самородная ртуть и золотая амальгама являются обычно в виде жидких капель, иногда грязных жидких пленок, в трещинах, порах и пустотах различных пород. Очень редко они скопляются большими массами, иногда достигая значительных размеров[5]. П. Л. Драверт (1922) указал на возможность нахождения твердой ртути в Сибири, так как она кристаллизуется при —39°. Кристаллы тригональной системы. $a_0 = 2{,}99$, $\alpha = 70°32'$. [При —46° уд. вес 14,24[6].]

Серебряные амальгамы кристаллизуются в кристаллах голоэдрии правильной системы ($3L^4 4L^3 6L^2 9Pc$). В известных доселе их полиэдрах преобладают {110} или {100} (рис. 62—65). Однако кристаллические многогранники очень редки[7]. Двойники для амальгам неизвестны, но довольно обычны параллельные сростки, причем иногда попадаются скелетообразные образования (рис. 66), где двойниковой осью являются L^4. Нередки также тонкие пленки и налеты. Отдельные «самородки» амальгам достигают более килограмма (например, аркверит из Сант-Яго)[8]. Лучшим и почти единственным месторождением поли-

[1] Любопытны опыты Рида (Read, 1907, стр. 66, 83).

[2] Химических анализов природной ртути, повидимому, нет. См. C. Hintze, I, 1898, стр. 332. Более новые данные у Sjögren, 1900, стр. 187 (анализ Маузелиуса); Самойлов, 1906, стр. 94. Амальгама из Борнео — по Чернику, 1912, стр. 87; ее уд. вес 15,44.

[3] Еще изредка заключаются следы Cu, Pt, Fe в серебряных амальгамах, по Риотту и Лекгардту, см. Lelutyn, 1886, стр. 49.

[4] Ср. Barfoed, 1888, стр. 452, 459.

[5] Однако указаны скопления ртути весом до 50 кг в Порасе и Коттербахе в Венгрии (Zepharovich, 1859, стр. 274), до 2300 кг в руднике Жилобреро в Испании (Calderon и Tenne, 1902, стр. 10). В Техасе встречались ее массы до 8 кг (Hill, 1903, стр. 252).

[6] [Neuburger, 1933].

[7] О кристаллической системе амальгам см. Romé De l'Isle, 1783 (1), стр. 420; Hauy, 1822, III, стр. 309; Naumann, 1830; A. Lévy, 1837 (2), стр. 376; Groth, 1878, стр. 13.

[8] Такие же куски были в коллекции проф. Дель Кастильо, выставленной на Парижской выставке 1889 г. из Агуилилья (Мичоакан) в Мексике.

эдров амальгам были старинные, давно заброшенные рудники в долине Наэ, в бассейне Рейна, около Обер-Мошеля и Ландсберга[1]. Отсюда хранятся в музеях и уже были описаны в XVIII веке лучшие кристаллы. Здесь попадались кристаллы, чрезвычайно богатые простыми формами.

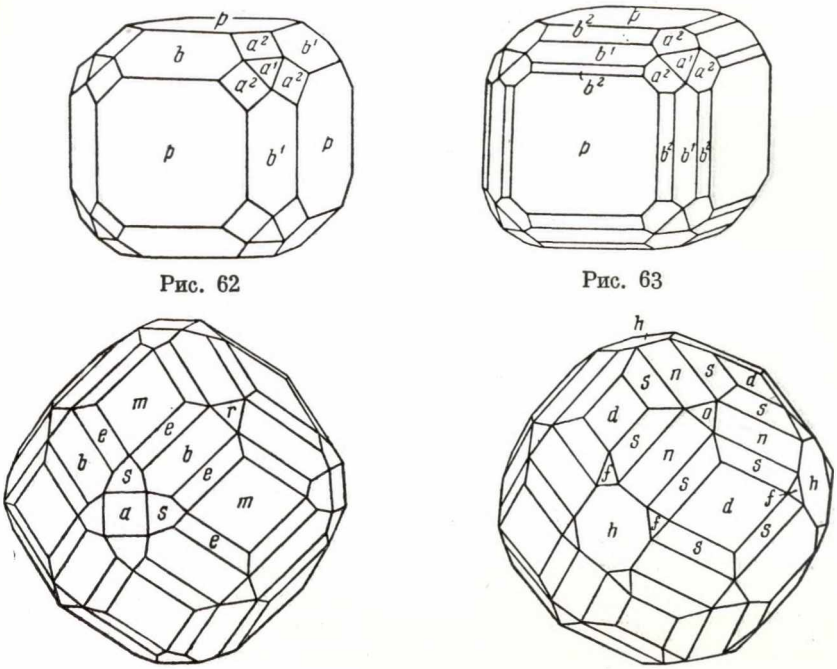


Рис. 62 Рис. 63

Рис. 64 Рис. 65

Рис. 62—65. Кристаллы серебряной амальгамы из Обер-Мошеля в долине Наэ, Германия.

Рис. 62—63. По Леви, 1837; p {100}, b' {111}, a' {111}, a^2 {112}, b^2 {120}

Рис. 64. По Науманну, 1830; m {110}, a {100}, r {111}, b {112}, e {123}, s {203}

Рис. 65. По Гаюи, 1811; исправлен Шрауфом, 1865; d {110}, h {100}, o {111}, n {112}, s {123}, f {103}

В других местностях мы имеем почти исключительно параллельные сростки. Отсутствие двойников, богатство комбинаций полиэдров и особенно образование параллельных сростков — указывают на большую величину поверхностной энергии кристалла и малую величину энергии векториальной. Кристаллы амальгамы наблюдались в Сала, в Швеции[2].

187. Нахождение в земной коре. Парагенезис этих тел, повидимому, вполне аналогичен нахождению других природных металлов, больше всего напоминая парагенезис самородного серебра (§ 133). Нельзя, однако, не отметить, что ртуть, благодаря своей летучести, легко упускается из виду при химическом исследовании природных тел[3]. Очень может быть, что она распространена как химический элемент значительно больше, чем мы теперь знаем. Среди известных нам природных соединений этого элемента группа самородной ртути — амальгам занимает,

[1] Jung, 1911. [В 1938 г. Берман и Харкурт (Berman a. Harcourt, «Amer. Min.», 23, стр. 761) описали из этих месторождений минерал мошелландсбергит — Ag_2Hg_3].

[2] Flink, 1908.

[3] F. Clarke, 1908, стр. 572—573.

повидимому, более важное место, чем самородное серебро среди минералов серебра. Наряду с сернистой ртутью это наиболее обычная форма нахождения ртути в земной коре.

Самородная ртуть образуется в природе на земной поверхности и является характерным минералом коры выветривания. Она здесь существует, как мы увидим (§ 189), недолго.

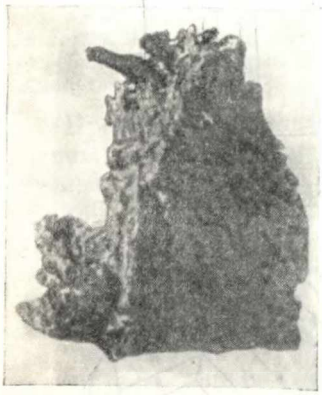


Рис. 66. Самородок древовидного строения серебряной амальгамы из Конгсберга.

Коллекция Московского университета. Фото Н. Е. Вернадской. Уменьшено

Можно различить несколько способов ее генезиса. Она частью образуется одновременно с выпадением других соединений ртути, например выпадает при выделении киновари или метациннабарита[1], частью является вторичным образованием, связана с диссоциацией или окислением киновари[2]. Едва ли есть месторождение этих тел, где бы не находилось некоторое количество самородной ртути. Такая ртуть собирается местами, например в верхних слоях в Идрии, в довольно значительных количествах[3]. Кроме киновари, ртуть может выделяться и из других минералов, содержащих ее, например из блеклых руд[4]. Самородная ртуть, выпавшая в коре выветривания, благодаря тяжести и жидкому состоянию собирается большей частью в нижних горизонтах рудников.

Однако самородная ртуть далеко не всегда образуется распадением других соединений ртути. Она может выпадать непосредственно из водных растворов. Характер водных растворов ртути неясен, но они искусственно приготовлены уже давно, еще во времена увлечения ртутными препаратами в старинной фармакогнозии. Очень может быть, что в этих «водных растворах» мы имеем форму «коллоидального раствора» ртути и она находится в воде в тонком механическом размельчении, но во всяком случае несомненно, что ртуть в ничтожном количестве может входить в воду и с ней переноситься. В природе известен ряд источников, которые выделяют «из раствора» самородную ртуть; так, она выпадает из гейзеров Исландии[5] и Новой Зеландии. В Новой Зеландии сернистые источники около оз. Омапере выделяют ртуть и киноварь. Эти источники связаны отчасти с выходами лав[6].

Очень вероятно, что тем же путем образуется ртуть, которая собирается в осадочных породах, нередко не заключающих никаких следов сернистых соединений. Скопления самородной ртути, находимые в таких слоях, нередко считаются продуктами вторичной концентрации, связанными с жизнью человека (§ 191), привнесенными им в земную кору,

[1] О связи с метациннабаритом см. G. Becker, 1888, стр. 436.

[2] Bischof, 1854, стр. 2072; Schrauf, 1891, стр. 383. Беккер (G. Becker, 1888, стр. 34, 437) допускает влияние процессов восстановления (действия органических веществ). Ср. также Fritsch, 1862, стр. 34.

[3] Schrauf, 1891, стр. 381.

[4] Zepharovich, 1859, стр. 274.

[5] Это явление казалось столь необычным, что Деклуазо в своем отчете о гейзерах (Des Cloiseaux, 1847, стр. 444) не решился об этом упомянуть! См. G. Becker, 1888, стр. 25 и сл.— со слов Деклуазо. По мнению Бунзена, ртуть здесь привнесена человеком.

[6] F. Hutton, 1870, стр. 252; G. Becker, 1888, стр. 50.

однако такое объяснение нахождения ртути приложимо далеко не ко всем случаям. Так, например, едва ли этим путем можно объяснить нахождение самородной ртути, пропитывающей эоценовые мергели и песчаники около Манче в окрестностях Виппаха в Крайне[1]. Здесь ртуть находится в условиях, исключающих возможность воздействия человека[2]. Значительные выделения самородной ртути, рассеянной в песчанике в руднике Ратлснейк в Калифорнии (§ 192), тесно связаны с деятельностью горячих источников; ртуть выпала в среде, богатой углеводородами.

Наконец, самородная ртуть образуется в природе изредка путем возгонки при вулканических извержениях; так, она попадается в виде капель и включений в верхних частях новейших вулканических пород Перу в Санта-Аполония около Кахамарки, близ Аявири в департаменте Пуно и т. д.[3]. Очевидно, здесь приходится допустить существование временами паров ртути (§ 189).

Подобно другим тяжелым металлам, самородная ртуть может встречаться и в россыпях, например в Вайпори в Новой Зеландии[4].

188. Золотые и серебряные амальгамы, менее обычные, чем самородная ртуть, гораздо чаще собираются в значительных количествах. Они являются спутниками самородных золота и серебра и наблюдаются в некоторых исключительных типах их месторождений.

Золотая амальгама и аурамальгама, находимые обыкновенно вместе, наблюдались несколько раз в отдельных кварцевых жилах и золотоносных и платиновых россыпях Калифорнии (§ 125), Невады (например рудник Майджукана), Австралии, Колумбии (с платиной, ср. § 80). Обычно они не отличались от золота и добывались для золота. В Колумбии наблюдаются вростки амальгам в платиновую руду[5].

Золотые амальгамы довольно быстро разлагаются в природе на ртуть и самородное золото, и их находили, повидимому, только при начале разработок золотых месторождений. Для золота они являются одной из немногих форм его соединений, в виде которых оно встречается в природе[6]. В кварцевых жилах они принадлежат к первичным формам выделения золота (§ 119).

Серебряные амальгамы распространены больше, чем золотые. По большей части, это вторичный минерал, который находится во многих месторождениях киновари и серебряных руд. Иногда можно проследить, из каких минералов они образовались, например, в прирейнских отложениях (§ 186) они выпали из блеклых руд, содержащих Ag и Hg[7].

Однако генезис их менее ясен в тех случаях, когда они отложились в жилах в значительных количествах. Таково, например, месторождение Аркверо в Чили, тесно связанное с выходами туфов авгитового порфирита. Жильным минералом является здесь кальцит, частью барит

---

[1] Voss, 1895, стр. 8.

[2] Очень странное и невыясненное явление представляет появление ртути в некоторых местностях после гроз. Она, по некоторым указаниям, появляется здесь в источниках, например около Щавницы в Галиции, и т. д.; см. Zepharovich, 1859, стр. 274.

[3] Raimondi, 1878, стр. 179—180.

[4] Hector, 1900, стр. 274.

[5] Schneider, 1891 (2), стр. 317; Lindgren, 1896, стр. 116.

[6] Marchand, 1848, стр. 317 (данные Шнейдера); Schmitz, 1852, стр. 712; Sonnenschein, 1854, стр. 243.

[7] Breithaupt, 1849, стр. 258. Попытку точнее выяснить процесс образования этих амальгам в связи с гальваническими токами см. у Fritsch, 1862, стр. 34—35.

(в боковых прожилках), а аркверит находится в тесной смеси с аргентитом, кераргиритом, эритрином и т. д.[1]. Другое близкое месторождение — Родаито; оно представляет порфиритовую брекчию, в которой амальгама выделилась из водных растворов вместе с баритом, пренитом и цеолитами[2]. Здесь мы имеем, повидимому, первичные формы выделений амальгам в жилах. То же надо думать и об амальгамах Конгсберга (§ 133).

Подобно другим тяжелым металлам амальгамы собираются и в россыпях. Очень возможно, что, подобно самородному серебру (§ 135), серебряные амальгамы встречаются в россыпях довольно часто, но они не обращают на себя внимания из-за малой ценности, не окупающей разработку больших песчаных масс для добычи небольших количеств серебра и ртути. Аурамальгама в россыпях обычно не отличалась от золота и за него принималась (§ 191). В некоторых золотоносных россыпях Британской Колумбии, в округе Оменика (по рекам Виталь и Аргент), встречался в значительных количествах аркверит[3]; в россыпях Один-Дрифт-Майн в Калифорнии были обычны серые шарики аурамальгамы[4].

189. Изменение ртути и амальгам. Самородная ртуть далеко не является той чистой жидкостью, какую мы знаем в лаборатории.

В природе она изменяется, во-первых, благодаря своей легкой летучести и, во-вторых, резко меняется химически.

Ртуть возгоняется уже при обычной температуре. Еще легче этот процесс должен идти в земных глубинах, при повышении температуры. Этим путем, благодаря своей летучести, ртуть может собираться в земной коре[5] и, может быть, она проникает кое-где и в осадочные породы. Эта сублимация заставляет допустить существование на земле временами паров ртути (§ 187).

Помимо такого чисто физического изменения самородной ртути, в земной коре постоянно идет резкое ее химическое изменение. Оно сводится частью к поверхностным явлениям, аналогично указанным для серебра (§ 136), частью к образованию прочных соединений ртути и к полному исчезновению самородной ртути.

Поверхностное изменение идет под влиянием кислорода и аммиака. Ртуть,— особенно содержащая растворенными какие-нибудь металлы,— на воздухе покрывается тонкой пленкой, которая представляет смесь красной окиси ртути с самородной ртутью[6]. Самородная ртуть, особенно в мелких каплях, обычно бывает покрыта такой пленкой. Эта пленка имеет другой состав; когда реакция идет в среде, заключающей аммиак, образуется сложное основание Миллона — $3HgO \cdot Hg(NH_2)_2$[7]. Весьма вероятно, что состав природной пленки еще более сложный.

Наряду с таким поверхностным процессом идет и другой процесс — переход ртути целиком в новые соединения: сернистые — киноварь и галоидные — каломель, и сложные оксигалоидные соединения ртути. Ртуть соединяется как с серой, так и с хлором уже при обыкновенной температуре. Правда, свободный хлор не встречается в природе в заметном количестве в условиях нахождения ртути, но кало-

---

[1] Domeyko, 1897, стр. 361; G. Nordenskiöld, 1899 (1), стр. 29.
[2] Möricke, 1897, стр. 37; Domeyko, 1897, стр. 361.
[3] G. Hoffman, 1890 (1), стр. 23; G. Dawson, 1878, стр. 134.
[4] Lindgren, 1896, стр. 116.
[5] Suess, 1877, стр. 99.
[6] Может быть, закиси ртути, см. M. Berthelot, 1880, стр. 871.
[7] Matignon et Desplantes, 1905, стр. 854.

мель образуется всегда при действии хлористых солей на окись ртути, которая, как мы видели, обычно выделяется на поверхности самородной ртути. Поэтому постепенно самородная ртуть исчезает и переходит на земной поверхности, всегда богатой хлористыми солями, в каломель или в оксигалоидные тела (терлингуаит, эгглестонит и т. д.). Все эти нерастворимые тела образуются исключительно в коре выветривания.

Аналогичным образом в земной коре существуют условия, благоприятствующие образованию киновари или метациннабарита из самородной ртути. Черная сернистая ртуть (метациннабарит) образуется при действии паров сероводорода, в присутствии кислорода, на металлическую ртуть[1]. Но в природе существуют условия, которые могут дать непосредственно и красную сернистую ртуть — киноварь, ибо это тело образуется при действии полисернистых щелочей на металлическую ртуть, а растворы полисернистых щелочей существуют на земной поверхности во многих сернистых источниках.

190. Устойчивее, чем ртуть, являются на земной поверхности амальгамы, особенно амальгамы серебра. Повидимому, для них существуют условия медленного распадения на ртуть и золото или серебро, ибо давно указано, что на воздухе природные амальгамы выделяют ртуть.

Для серебряных амальгам процесс, повидимому, связан с образованием этим путем все более и более богатой серебром амальгамы. Как известно, и искусственно можно обогатить серебряную амальгаму, процеживая ее через кожу. Она при этом распадается на серебристую ртуть и на богатую серебром амальгаму. Здесь действуют контактные силы, роль которых в природе огромна, но научно не выяснена. Поэтому и условия разложения амальгам на земной поверхности не могут считаться известными.

191. Ртуть и амальгамы в России. В *Европейской России,* в *Области Войска Донского,* в Нагольном кряже, в Семеновском бугре, наблюдалась серебряная амальгама[2]. Ртуть изредка встречалась там же.

В *Таврической губ.* ртуть была найдена в третичных известняках около Севастополя и развалин Херсонеса[3]. Но ее природное происхождение несколько сомнительно, так как условия нахождения неясны.

На *Кавказе*, в *Дагестанской обл.*, в *Кюринском отделе*, по р. Гюльгорычай, ртуть встречается в юрских песчаниках с киноварью[4].

В *Сибири* ртуть и амальгама указаны в немногих местах. Есть несколько указаний на нахождение ртути и амальгамы в *Томской губ.*, на *Алтае.*

---

[1] M. Berthelot, 1898, стр. 776.

[2] Самойлов, 1906, стр. 93. Анализ приводит к числам, близким к формуле Ag_2Hg. Может быть, к серебряной амальгаме должно быть отнесено следующее указание Г. Иванова (1858, стр. 554—555): в лабораторию Департамента горных и соляных дел было доставлено «два образца кварца, искусственно натертые серебряною амальгамою, доставленные под именем самородного серебра из Бахмутского у. Екатеринославской губ. Амальгама, которою натерты были куски кварца, легко отделялась от породы, слипалась и при купелляции дала серебряный королек». После нахождения серебряной амальгамы Самойловым в Нагольном кряже, предположение Иванова о подделке «самородного серебра» становится очень сомнительным. Любопытно указание месторождения — «Бахмутский у.». Новое месторождение?

[3] Коллекции Московского университета и Академии Наук. Самойлов, 1906, стр. 93. Двойченко (1914, стр. 46) считает несомненным, что эта ртуть — продукт деятельности человека. Кроме самородной ртути, в этих кусках заключаются тонкие корки каких-то галоидных ( ) ее соединений.

[4] Меллер и Денисов, 1900, стр. 95.

В *Забайкальской обл.*, около разъезда Загорина, близ ст. Могзон Сибирской ж. д., указана ртуть[1].

Она указана еще в *Якутии*, по р. Олекме[2], и в *Приморской обл.*— на Камчатке[3].

Аурамальгама и золотая амальгама в России с точностью неизвестны. Однако, повидимому, к аурамальгаме должно быть отнесено золото *Томской губ.*, из Петропавловской россыпи по Кундустуюлю (§ 159). На это указывает, по моему мнению, следующее его описание, сделанное проф. Г. Щуровским (1846, стр. 203): «В Петропавловской россыпи, как уверяют, попадалось золото почти белого цвета; с первого раза почли его за золотистое серебро, но, подвергнув небольшому жару, увидели, что оно потеряло белый цвет и явилось со всеми знаками высокопробного желтого золота».

192. Труд человека. Как видно из условий генезиса, самородная ртуть нигде не могла явиться предметом правильной разработки. В тех случаях, когда она встречалась в значительных скоплениях вместе с киноварью, она издревле шла как руда на ртуть. Может быть даже, в первые времена она являлась предметом кустарной разработки (см. ниже — киноварь). При малом развитии химических знаний долгое время различали самородную ртуть от ртути, получаемой из киновари[4]. Живое природное серебро считалось отличным от синтетически полученного.

Но и в историческое время существовали отдельные рудники на самородную ртуть, например Ратлснейк в Калифорнии[5]. Во всех этих случаях работа человека не приводила к заметным изменениям природного процесса.

Гораздо важнее амальгамы. Золотая амальгама добывалась всюду, где встречалась, как руда на золото, причем ртуть возгонкой терялась и уходила в атмосферу. В Калифорнии одно время (в 1850-х годах) такая золотая руда встречалась нередко.

Серебряные амальгамы служили рудой на серебро и ртуть еще чаще, чем золотые. В некоторых случаях бедные ртутные разности долгое время принимались за самородное серебро и шли как серебряная руда, причем нахождение в руде ртути не замечалось[6], и она терялась.

Кое-где встречались богатые месторождения серебряной амальгамы. Таковы некоторые месторождения в Чили. Так, например, в первые 15 лет разработки рудников в Аркверо в Кокимбо добыто 45 т серебра из амальгамы (аркверита) и, кроме того, амальгама служила и рудой на ртуть[7]. Точно так же амальгама служила рудой на серебро и в руднике Росилья в Атакаме[7].

Все количество самородной ртути, вероятно, не достигает тех ее запасов, которые получаются человеком, и человек, должно быть, является теперь главным агентом, вырабатывающим это тело на земной поверх-

---

[1] Реутовский, 1905 (1), стр. 96.

[2] Каталог иркутских минералов Седакова в статье Потта, 1842; Драверт, 1922 (1) и (2).

[3] Д. Соколов, 1832, стр. 666 («в глине наносного образования»). По Кеннану, чукчи указывали (1867 г.) ее месторождения в окрестностях Анадырска (G. Becker, 1888, стр. 45). См. Драверт, 1922 (1), стр. 15.

[4] Плиний, 1819, стр. 219.

[5] G. Becker, 1888, стр. 377.

[6] Например, часть серебра Конгсберга (§ 133). Pisani, 1872. Аналогичное смешение амальгамы с самородным серебром в Нагольном кряже — Самойлов, 1906.

[7] Domeyko, 1897, стр. 361.

ности[1]. Может быть даже, годовая добыча им ртути (около 4000 т) соизмерима с запасами природной самородной ртути, скопленной вековыми процессами.

193. Определение. Жидкое или полужидкое состояние самородной ртути делает ее определение нетрудным. Очевидно, к ней приложимы все химические реакции на ртуть. Легко растворима в HNO_3. Возгоняется, оставляя очень малый осадок (отличие от жидкой серебряной и золотой амальгам). Сера соединяется с ней при обыкновенной температуре, давая киноварь. В закрытой трубке получается металлическое зеркало ртути. На холоду превращает золото в амальгаму: на чистой золотой пластинке в присутствии HCl и Sn получается белое пятно. Замерзает при —39° с уд. весом 14,19[2]. При —195° уд. вес 14,49.

Природные амальгамы дают, сверх того, реакции на Ag и Au. Аурамальгама беловато-желтого цвета. Уд. вес 15,5. Очень ковка и легко превращается в шарики при давлении. Нерастворима в HNO_3.

Серебряные амальгамы могут быть смешаны с самородным серебром — отличием является возгон в запаянной трубке. Сильный металлический блеск. Белого цвета. Белая черта на меди. Несовершенная спайность по {110}. Некоторые разности хрупки, другие ковки. Твердость 3 и выше. Уд. вес 13,7—14,1. Растворимы в HNO_3. При сплавлении получается серебряный королек.

Медь

Самородная медь. (?) Серебристая медь. (?) Железистая медь. Купрокуприт

194. Химический состав. Химический состав самородной меди нередко отвечает химически чистой меди (например, медь из Нижне-Турьинского рудника на Урале[3] и т. д.). Однако в целом ряде других местностей мы имеем кристаллы самородной меди, заключающие Ag, Fe, следы Pb и еще реже следы Au и Hg[4]. Количество серебра в некоторых разностях меди, обычно не превышающее 0,1%, доходит до нескольких процентов (в светлой меди из Кокимбо в Чили, по Филду[5], и в некоторых ее разностях из Верхнего озера, по Отфейлю[6], более 7% серебра) и указывает, повидимому, на существование в природе серебристой меди, к сожалению, ближе не выделенной и не изученной[7]. Незначительное обычно количество железа доходит временами до 2%, например в боливианской меди или в меди из окрестностей залива Альгодон в Австралии[8]. Очень

---

[1] См. киноварь: Опыт опис. минер., т. II.

[2] Mallet, 1877 [в работе Neuburger, 1933].

[3] G. Rose, 1837, стр. 406 и сл.

[4] Ртуть в серебристой меди из Верхнего озера — по Отфейлю (Hautefeuille, 1859).

[5] Field, 1851, стр. 29.

[6] Hautefeuille, 1859, стр. 166. Отфейль тщательно отделял вещество для анализа от самородного серебра, с которым срослась эта медь.

[7] Не находится ли серебристая медь в связи с медистым серебром (§ 105)? Тесное срастание «серебра» и «меди» было давно замечено и очень характерно для Верхнего озера (ср. § 197). Анализ Отфейля показывает, что эта медь является серебристой; анализа серебра из таких сростков нет. О строении таких сростков см. Liversidge, 1900, стр. 367. Отсутствие природных сплавов меди и серебра при единовременном выделении их в природе, может быть, объясняется принадлежностью их к разным кристаллическим классам.

[8] Bibra, 1865, стр. 205.

возможно, что мы имеем здесь еще особую разность — железистую медь. Как известно, Cu и Fe смешиваются между собой в известных пределах в совершенно однородный металл, железо растворяется в меди, давая (Cu,Fe).

Совершенно своеобразную форму нахождения самородной меди в природе представляют физические ее смеси. Так, например, витнеит (уитнеит) представляет такую тончайшую смесь, видимую лишь при больших увеличениях, дендритов меди в альгодоните (Cu_6As), приближающуюся к составу $3Cu + Cu_6As$[1].

Сводя вместе все имеющиеся анализы, мы имеем[2]:

	Cu	Ag	Fe	Au	Bi	As	Sb	Hg	Pb	Число анализов
Медь	99,5—100,0	0—0,6	0—0,3	0—0,1	0—0,1	0—1,3	—	—	0—сл.	12
Серебристая медь	92,5—98,0	1,1—7,6	—	—	—	—	—	0—0,1	—	3
Железистая медь	97,4—98,6	0—сл.	1,4—2,3	—	—	—	0—сл.	—	—	4

Нельзя не отметить, что примеси обыкновенно связаны с медными месторождениями первичного характера (§ 196). Медь вторичная обычно является более чистой.

К сожалению, совершенно не изучены газы самородной меди и даже нет опытов, которые выяснили бы, существуют они в природном минерале или нет. Медь, искусственно полученная, как известно, содержит в растворе газы.

Особенно интересны были бы определения кислорода, так как, вероятно, надо выделить в отдельный минеральный вид тонкую смесь меди с закисью меди; можно назвать ее куприкуприритом. Такая тонкая смесь должна существовать в некоторых псевдоморфозах самородной меди и ее выделениях в тонких пленках[3]. Мы знаем, что искусственно легко получаются своеобразные эвтектические смеси $Cu—Cu_2O$[4] и что обычная медь очень часто заключает в растворе Cu_2O или эвтектику $Cu + Cu_2O$. Ввиду того, что такие образования представляют вполне закономерный особый продукт химических реакций, надо было бы выделить их в особый минерал. К сожалению, до сих пор неясно, заключает ли природная медь в растворе Cu_2O или ее эвтектику с медью[5].

195. Физические свойства. Самородная медь кристаллизуется в правильной системе ($3L^4 4L^3 6L^2 9Pc$)[6].

---

[1] Borgström, 1916, стр. 99 (рис.)

[2] C. Hintze, I, 1898, стр. 217; Gowland, 1893, стр. 307. Анализы чистой меди с Алтая см. Пилипенко, 1915, стр. 341, 344.

[3] О псевдоморфозах по куприту и куприта по меди см. Blum, 1843, стр. 19; 1852, стр. 15; 1863, стр. 19.

[4] Эвтектика $Cu — Cu_2O$ заключает 3,4—3,5% Cu_2O (температура плавления 1084° C). Heyn, 1900, стр. 328; 1906, стр. 543.

[5] Судя по микроскопической структуре самородной меди, она едва ли богата эвтектикой $Cu_2O — Cu$ (W. Campbell, 1902, стр. 131; 1907, стр. 828). С другой стороны, буро-желтый цвет некоторых образцов природной меди указывает на присутствие Cu_2O. Кристаллы ($Cu + Cu_2O$) буро-желты. О микроскопической структуре меди см. также Liversidge, 1900.

[6] Есть указания на принадлежность меди, по крайней мере иногда, к гексагональной системе (ромбоэдрическому классу). Ввиду малой изученности ее кристаллов — этими указаниями пренебрегать нельзя. Так, Зеебек наблюдал ромбоэдры меди при кристаллизации ее из сплава (Berzelius, 1844, стр. 550). Ср. Zenger, 1861, стр. 317. Возражения — G. Rose, 1842 (2), стр. 331. Ср. E. Dana, 1887, стр. 575. Об аллотропических разностях меди см. сводку и литературу у F. Peters, 1908, стр. 627 и сл. Двойники меди дают, как известно, псевдогексагональные и псевдоромбические сростки. К сожалению, явления вытравления на кристаллах меди

Обыкновенно относили кристаллы меди к голоэдрии правильной системы. Однако принадлежность их к голоэдрии чрезвычайно сомнительна. Для кристаллов меди обычна неполнота плоскостей многих форм, отвечающих голоэдрии. Формы типа $\{hk0\}$ иногда встречаются в виде пентагональных додекаэдров[1], тогда как в уральской меди двойниковые пластинки имеют форму {111}, развитую в виде тетраэдра[2]. Возможно, следовательно, что медь кристаллизуется в строении $3L^2 4L^3$.

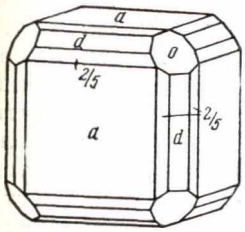


Рис. 67. Кристалл меди из Турьинских рудников на Урале.

По Г. Розе, 1837.

a {100}, *o* {111}, *d* {110}, 2/5 {520}

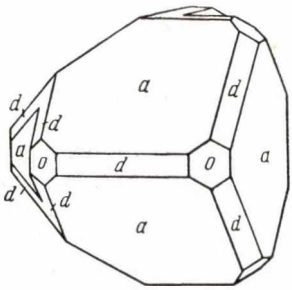


Рис. 68. Кристалл меди. Двойник по {111}. Из Турьинских рудников.

По Г. Розе, 1837. Обозначения те же, что для рис. 67

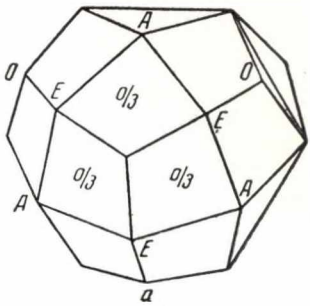


Рис. 69. Кристалл меди из окрестностей горы Высокой на Урале.

Двойник по {111}: $o/a = \{113\}$

По Г. Розе, 1837.

В кристаллах меди преобладают большей частью формы: {100} (рис. 67), {110}, {210}, {530}, реже {111}. Простые многогранники меди очень редки; обычны для нее двойники (по шпинелевому закону) (рис. 68—69); встречаются полисинтетические двойники; часты параллельные сростки. Двойники прорастания редки[3].

Наиболее часто медь встречается в древовидных сростках, скелетообразных массах, пластинках (рис. 70). Обычно в таких сростках кристаллические неделимые более или менее резко вытянуты (в зоне $\{110 \cdot 111\}$ или $\{111 \cdot \overline{111}\}$); двойниковыми осями служат или L^2, или зоны {011}, {101} (рис. 71—72)[4]. Как пластины, так и дендриты меди большей частью

точно не изучены. О них см. Mügge, 1898, стр. 152. Опыты Мюгге дали неясные результаты, хотя он и считает их отвечающими голоэдрии. Точно так же не изучена скульптура плоскостей. О штриховке см. указания Зенгра — Zenger, 1861, стр. 318. О скульптуре см. E. Dana, 1887, стр. 574—575.

[1] Schrauf, 1873, стр. 53 (для {120}).

[2] Эту особенность заметил уже Розе (G. Rose, 1837, стр. 405).

[3] Причина появления различных форм кристаллизации неясна. Нельзя не отметить, что по опытам металлургов эвтектика Cu — Cu_2O дает дендриты (параллельные сростки), тогда как чистая медь — зерна (простые многогранники).

[4] О кристаллической форме и сростках меди см. G. Rose, 1837, стр. 313, 401; 1842 (1), стр. 453 (здесь подробно изучены и сростки); E. Dana, 1887, стр. 569 (литература); Rath, 1878, стр. 169; Еремеев, 1877. О строении самородков см. Liversidge, 1900, стр. 255; Oebbecke u. Schwarz, 1920, стр. 505; Fletscher, 1880, стр. 180; Groth, 1906, стр. 4. Об аллотропии меди см. еще Cohen u. Helderman, 1913, стр. 1299; Owen a. Preston, 1923, стр. 49.

дают двойниковое сложение по {111}, совершенно аналогичное строению золотых пластин (§ 107)[1].

Превосходные образцы такой меди наблюдались в Фроловском руднике на Северном Урале (рис. 73), около Верхнего озера в Северной Америке и т. д. Этим путем могут образовываться огромные самородки меди, достигающие десятков и даже сотен пудов; например, такие массы были найдены в XVIII веке в Богословских рудниках на Урале (рис. 74, 76), около Верхнего озера[2], в Перу, в некоторых рудниках Попова в Киргизской степи (рис. 77) и т. д. Медь может образовывать и более мелкие пленки, пластинки (цементная медь), тонкий порошок, волосатые формы. Можно отметить оригинальные образования последнего типа в Молдове, Боталаке, Сен-Джест в Корнваллисе и т. д. Встречаются и другие формы кристаллического выделения металлов.

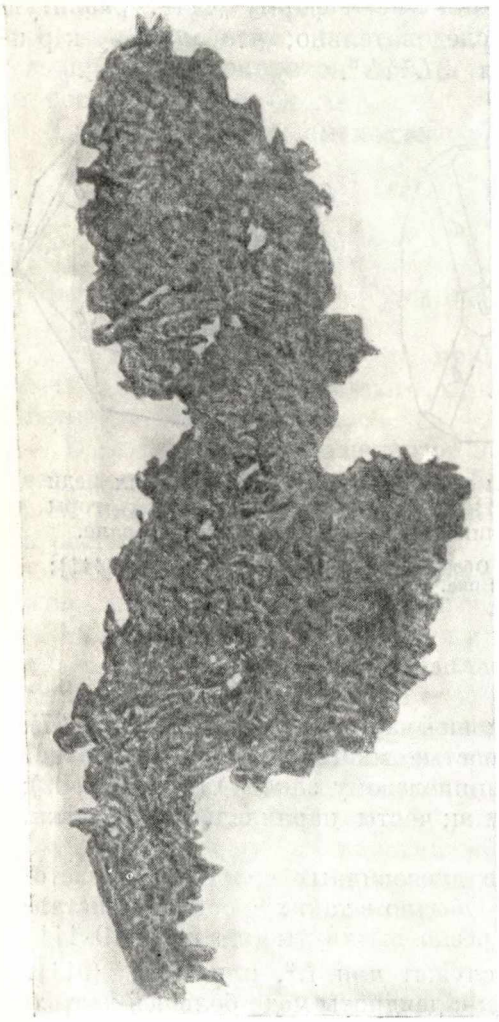


Рис. 70. Пластина самородной меди из Богословских рудников. 1/2.

Снимок с гравюры из каталога Фишера де Вальдгейма (1807). В собрании Московского университета уцелели только части этой пластины; она была когда-то разрезана, и средняя часть потеряна. Каталог Фишера из Демидовского музея представляет библиографическую редкость.

Наконец и для меди, подобно другим металлам (§ 107), известны конкреции, указывающие на выпадение ее в виде сгустков из коллоидальных растворов. Обычно эти конкреции уже перешли в кристаллические сростки (рис. 75).

196. Самородная медь в земной коре. Медь распространена в природе больше золота и серебра (§ 17). Небольшие ее количества находятся в виде изоморфной подмеси в силикатах и алюмосиликатах массивных пород (например в слюдах); может быть, еще более значительная часть ее выпадает в магмах — в виде сернистых соединений (главным образом сульфожелезных солей).

Из этих первичных форм соединений меди выделяются в коре выветривания и в верхних частях метаморфической области разнообразные ее кислородные и сернистые соединения. Медь входит здесь также в состав организмов, собирается из продуктов их разрушения в поверхностной оболочке земной коры.

Среди форм ее нахождения в природе самородная медь не играет той господствующей роли, какую имеют самородные состояния ранее изу-

[1] О двойниках ср. E. Dana, 1887, стр. 578 и сл.

[2] В рудниках Миннесоты наибольшая масса меди (с содержанием Cu — 90%) весила около 420 т (J. Geiger, 1905, стр. 168).

ченных металлов — платины или золота. Точно так же примеси меди в самородных платине (§ 68), золоте (§ 105), серебре (§ 105), ртути (§ 184), в общем, количественно ничтожны по сравнению, например, с сернистыми медьсодержащими минералами.

Коренные месторождения самородной меди резко распадаются на два типа: 1) месторождения, связанные с магматическими процессами, и 2) выделения в коре выветривания, в верхних частях выходов медных минералов [1].

Есть случаи, когда в месторождениях первого типа самородная медь выделяется в магме, оказывается рассеянной в массивной породе. Нельзя утверждать (ср. § 78), что она всегда при этом выпадает непосредственно из расплавленной алюмосиликатовой магмы, но во всяком случае она так или иначе тесно связана с процессами ее застывания.

Подобно золоту и железу, самородная медь связана не только с основными, но и с кислыми породами; она наблюдается в магматических породах — как в дайках, так и в массивах. Породы, в которых она наблюдалась, очень разнообразны. Так, например, в Мерседес, в окр. Альгоданас в Чили, она находится в дайке диабазового порфирита, прорезающего мезозойские песчаники [2]; в фельзитовых порфирах около Цвиккау и Лихтенштейна или в мелафирах северной Чехии она рассеяна

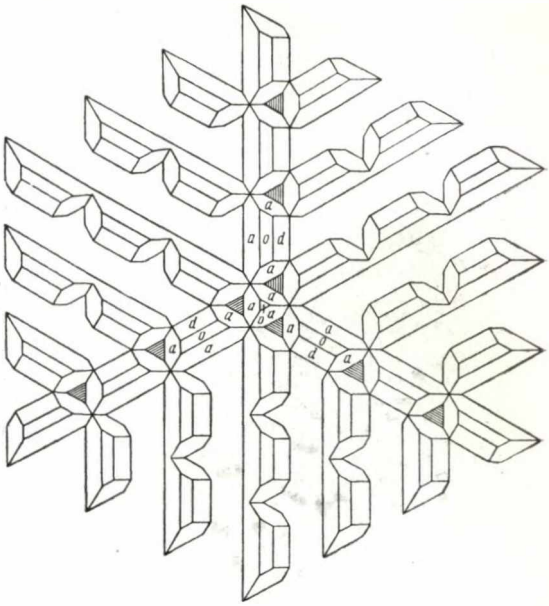


Рис. 71.

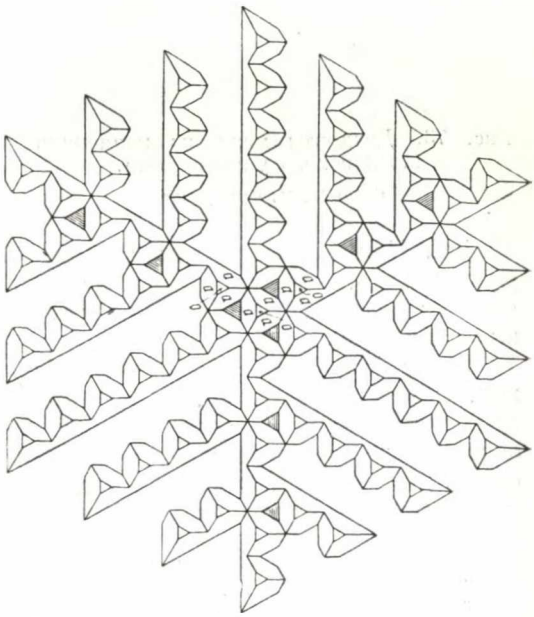


Рис. 72

Рис. 71 и 72. Схематические рисунки двойников меди из Богословского окр. Двойники по {111}; По Г. Розе, 1837. *o* {111}, *a* {100}, *d* {110}

[1] Два типа месторождений самородной меди выдвинул уже Демест (1779). Идеи эти были развиты Бюффоном (Buffon, 1790 (2), стр. 170).

[2] Möricke, 1897, стр. 31—32. Ср. Daintrée, 1872, стр. 315 (долериты из Куинсленда).

в тонких пластинках[1]. В Пари, в Тоскане, она наблюдалась в габбро, в полевом шпате и в продуктах его изменения; здесь она тесно связана с куприто м[2]. В Бразилии, в Сан-Пауло, она встречается в пустотах диабазов, прорезающих пермские породы в сопровождении водных ферросиликатов[3]. В Южной Африке, в стране зулусов, около р. Умзлатузи, медь в виде мелких листочков переполняет сиенитовые дайки, прорезающие кристаллические сланцы; она лежит внутри кристаллов роговой обманки и полевых шпатов[4]. Эти примеры являются лишь немногими из числа таких месторождений, рассеянных по всему земному шару.

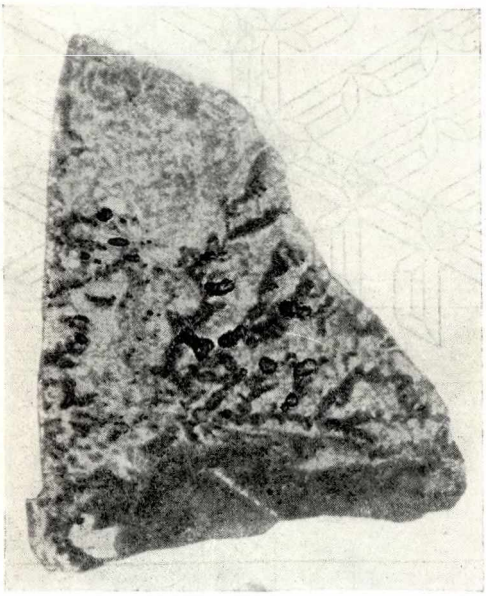


Рис. 73. Дендриты меди из коллекции Московского университета.

Фото Н. И. Сургунова

Несомненно, что медь встречается в массивных породах нередко, но условия ее генезиса в них очень различны. Большие скопления обычно при этом не образуются. По большей части они наблюдались в измененных магматических породах (например, в серпентинах Лизард, в Англии), что, может быть, указывает на вторичное в них выпадение самородной меди, вероятно, в пневматолитическую стадию застывания магмы. Нельзя сказать, чтобы она чаще при этом наблюдалась в основных породах, чем в кислых[5].

197. К месторождениям того же типа должна быть отнесена самородная медь, выделяющаяся из горячих водных растворов в верхних частях магматических пород после их застывания или при последних его стадиях.

Такая самородная медь иногда скапливается в огромных количествах, каковы, например, ее месторождения, связанные с древними, повидимому докембрийскими (нижнеальгонкскими), метаморфизованными основными вулканическими породами около Великих североамериканских озер[6]. Породы эти, известные под именем траппов, должны быть отнесены к мелафирам и диабазам. В медных рудниках около оз. Верхнего в одном

[1] J. Roth, 1883, стр. 107 (по Митчу).

[2] Lotti, 1899, стр. 354—356. По мнению Лотти, она произошла из куприта.

[3] Hussak, 1906 (2), стр. 334 и сл.

[4] Voit, 1908 (3), стр. 192.

[5] О большой связи с основными породами см. Elie de Baumont, 1847, стр. 1263, 1253.

[6] Об этом месторождении существует огромная литература: Credner, 1869, стр. 1 и сл.; Pumpelly, 1871, стр. 243, 347; 1878, стр. 253; Wadsworth, 1880, стр. 76 и сл. (литература); Irving, 1883 (литература); De Launay, 1897 (2), стр. 163; Kemp, 1900, стр. 204—214 (литература); R. Beck, 1903, стр. 242 и сл.; Lane, 1903, стр. 239; Stelzner—Bergeat, 1906, стр. 858; Weed, 1908, стр. 62, 311. Ср. § 204. О месторождениях меди в США см. Lane, 1911; Lindgren 1913, стр. 399 и сл.

Мичигане количество ее исчисляется минимум до $1^1/_3$ млн. т, но несомненно во много раз превышает эту цифру[1]. Бóльшая часть рудных слоев бедна медью, но однородность их заполнения и пластовый его характер делают выгодной добычу даже бедных руд. Однако здесь встречаются и большие массы меди, доходящие до 15 т. Она находится главным образом на п-ове Кивино в северо-западном Мичигане, на южном берегу оз. Верхнего, но месторождение простирается и в северный Висконсин, длиною до 480 км, а также на о-ва Ройал и Мичипикотен в Онтарио, против п-ова Кивино. Главное практическое значение имеют сейчас некоторые амигдалоидные породы и вулканический конгломерат (конгломерат Калюмет — шахта Тамарек, глубиною 1600 м.) Конгломерат мощностью 3—7,5 м; 2—4% Cu. Амигдалоидные породы в семи главных горизонтах. В среднем, в разрабатываемых их частях 0,88% Cu. Она выделилась в древних лавовых потоках и образованных из вулканических пород прибрежных конгломератах и песчаниках. В лавовых потоках она сосредоточена главным образом в верхних пористых частях. Здесь она выпала как цемент между минералами измененной лавы или заполнила пустоты и трещины этих пород. Несомненно, она выпала из горячих водных растворов с цеолитами, борными соединениями (датолитом), кварцем, пренитом, кальцитом, эпидотом, заполняя пустоты и трещины в породе, частью скопилась в мелких порах изверженной породы — выкристаллизовалась непосредственно после окончательного застывания магмы. Медь является одной из новейших составных частей измененной породы. Судя по тщательным наблюдениям Пемпелли[2], можно выяснить несколько точнее время ее выделения: пренит образовывался здесь из полевого шпата, одновременно выпадала и медь. Она выделялась и при дальнейшей метаморфизации пренита в хлорит; иногда медь

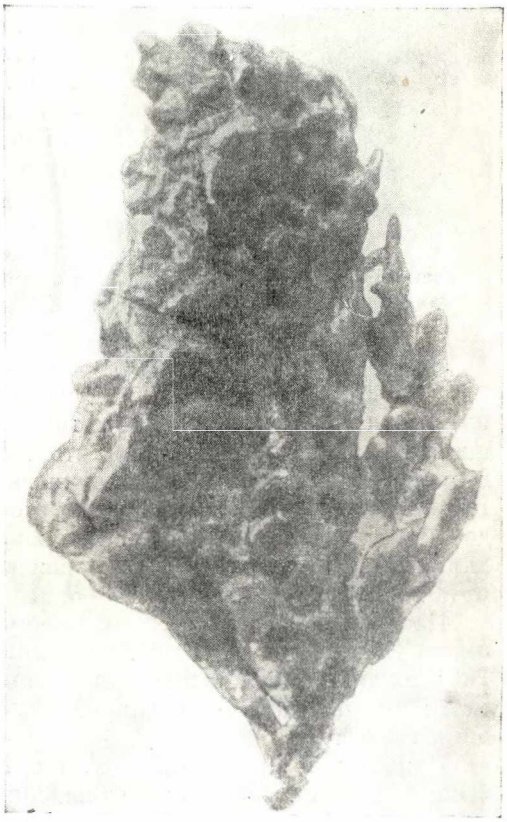


Рис. 74. Самородок меди из коллекции Московского университета, из старого собрания Демидова

(гравюра Фишера де Вальдгейма, 1807, табл.). Уменьшено

[1] Vogt, 1898, стр. 379. С 1843 по 1898 г. добыто ее до 900 000 т и добыча до сих пор не прекратилась, так что исчисление Фохта, очевидно, ниже действительности.

[2] Pumpelly, 1878, стр. 308.

является псевдоморфозой по такому хлориту[1]. Кроме самородной меди, здесь встречается серебристая медь (§ 194) и самородное серебро. Попадаются включения самородного серебра внутри медных выделений. Во всем месторождении найдены лишь следы сернистых соединений и небольшие количества арсинов меди (домейкит, витнеит[2]). Есть указания на выделение ее после образования других минералов метасоматическим путем: встречены псевдоморфозы по кварцу, кальциту. Генезис этой меди неясен. Можно думать, что она образовалась восстановлением кислородных соединений — может быть, под влиянием соединений железа. Общий характер этого месторождения напоминает процессы штокверков вулканического характера. Уже вскоре после выделения самородной меди или в связи с ее выделением в первоначальных породах шли энергичные процессы метаморфизации этих древних отложений и тектонические изменения всего участка земной коры. Эти вторичные разломы способствовали дальнейшему передвижению меди, рассеянной в магматических или детритовых породах. В трещинах, жилах, пустотах при этом выделялась вновь самородная медь второй генерации, образовывавшая нередко значительные скопления. Разработка впервые началась на этой жильной меди, образующей массы до 250 т в сплошном куске. Эти жилы имеют резкий метасоматический характер. В жилах медь сопровождается алюмосиликатами (в том числе ортоклазом), датолитом, самородным серебром и т. д.

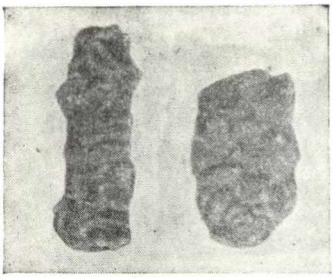


Рис. 75. Конкреции меди из старинных рудников Герренгрунда.

Коллекция Московского университета. Фото Н.Е. Вернадской. 1/1

Известны и другие аналогичные месторождения меди, например около Валлароо в Южной Австралии[3], на Фаррерских островах[4] и т. д. Во всех таких месторождениях очень характерен парагенезис самородной меди: очень часто она сопровождается пренитом или галлуазитом[3].

В жилах в Миннесоте[5] была в 1880 г. найдена масса меди в 500 т. Линдгрен и др. связывают отложение с своеобразными водами, богатыми хлористым кальцием (до 86,47 г Ca на 1 л H_2O, 15,19 г Na, 176,03 г Cl), которые встречаются в самых глубоких частях рудников. Эти воды заключают 0,16% Cu, много Br.

Своеобразны выделения самородной меди (с халькозином, цеолитами, кальцитом, купритом, пренитом, углистым веществом) в пустотах базальтических каменноугольных пород в Уайт-Ривер на Аляске[6].

198. Совершенно иной тип представляют месторождения самородной меди, характерные для коры выветривания; здесь она является продуктом поверхностного изменения медных соединений — сульфосолей (боль-

[1] Переход полевого шпата (плагиоклаза) в пренит и дальнейшее изменение пренита в «хлорит» (псевдофит?) является характерным процессом метаморфизации, но не выветривания.

[2] Bauerman, 1866, стр. 451.

[3] Schrauf, 1875, стр. 56.

[4] Cornu, 1907, стр. 321 и сл.

[5] О самородной меди в Миннесоте (типа меди Великих озер) см. Grout, 1910, стр. 471. Первичной формой служит силикат меди (?). Rickard, 1905.

[6] Knopf, 1910, стр. 250.

шей частью предварительно измененных в кислородные соединения), главным образом халькопирита и блеклой руды[1]. Самородная медь является промежуточным продуктом при переходе сернистых в кислородные соединения и обратно (§ 19).

Такая самородная медь попадается в месторождениях медных минералов всех типов, в верхних их горизонтах; по мере углубления рудников запасы ее быстро иссякают. Мы имеем многочисленные указания этого рода в истории рудного дела всюду на земном шаре. Так, при первой разработке медных рудников Саксонии, например около Миттвейде, в X веке встречались большие скопления самородной меди[2]. Иногда

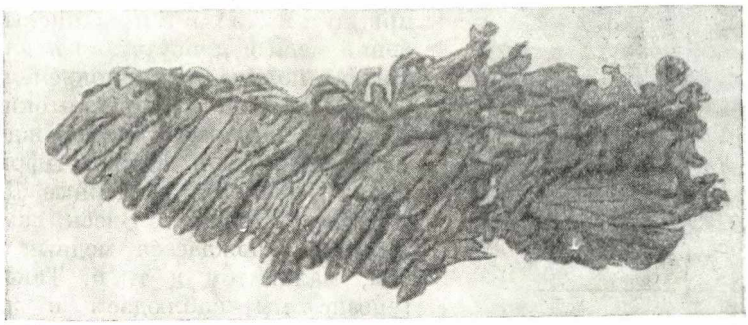


Рис. 76. Самородная медь из Фроловского рудника.
Коллекция Сельскохозяйственного института в Петровско-Разумовском.
Фото Я. В. Самойлова и Н. И. Сургунова

она при этом собирается в огромных количествах; так, например, в Богословских рудниках на Северном Урале при начале разработок (в XVIII веке) попадались ее куски в несколько сот килограммов[3]. Самородная медь такого происхождения наблюдается как в жильных месторождениях (например, Богословск, Аризона), так и в осадочных слоях, например в песчаниках Боливии, в пермских мергелях и песчаниках Тюрингии или Урала.

Огромные отложения такой меди издревле известны в разных местах Боливии. Здесь, вдоль Кордильер, на протяжении 750 км в длину и в полосе в 40 км ширины развиты песчаники и конгломераты, местами богатые самородной медью. Наибольшие скопления известны около Корокоро[4], где меловые песчаники и конгломераты, мощностью 0,5—2 м (кое-где до 12 м), проникнуты местами самородной медью, иногда образующей большие пластины, а обыкновенно являющейся в дендритах, зернышках, тончайшей пыли. Самородная медь находится в тесной связи с гипсом, образует псевдоморфозы по арагониту[5], костям животных, деревьям. Кроме самородной меди, в верхних частях встречалось самородное серебро, домейкит. Песчаники пересекаются сдвигами и трещи-

[1] J. Roth, 1879, стр. 229, 289; Breithaupt, 1849, стр. 182—183; Knop 1861, стр. 542.
[2] B. Neumann, 1904, стр. 77.
[3] Н. Чупин, 1873 (1), стр. 195. Ср. для Аризоны Douglas, 1899, стр. 518.
[4] R. Beck, 1903, стр. 513; Weed, 1908, стр. 179; Steinmann, 1906, стр. 335 и сл.; Singewald, 1922.
[5] Эти «псевдоморфозы» меди по псевдогексагональным двойниковым образованиям арагонита требуют исследования. Описания и анализы Домейко делают весьма вероятным для них пойкилитовое строение; Domeyko, 1897, стр. 196.

нами, по которым и проникли в них растворы медных соединений. Скопления такой меди огромны: в Корокоро в 1860—1890-х годах добывали из таких месторождений по 2300—3500 т меди в год, в 1902 г.— больше 4000 т, и месторождение до сих пор не исчерпано. Сингвальд относит их к плиоцену. Генезис их неясен.

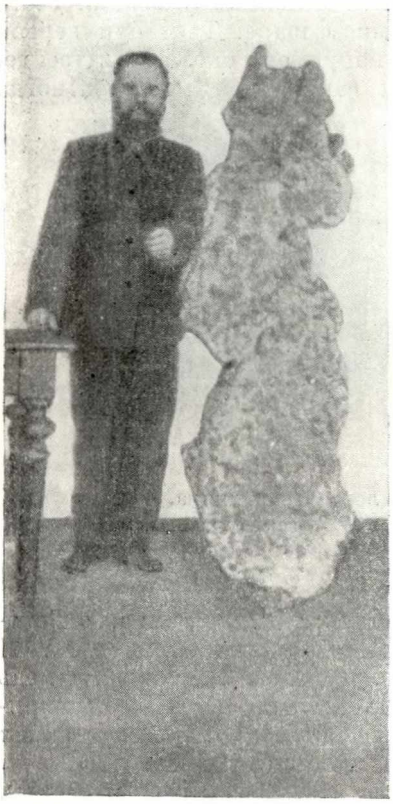


Рис. 77. Самородок меди весом больше 320 кг из Киргизской степи.

Собрание Румянцевского музея в Московском университете. Фото Н. Е. Вернадской

199. Выделение самородной меди из ее соединений является результатом довольно сложных химических процессов, которые выяснены далеко не во всей полноте [1].

Во-первых, медь выпадает всегда при окислении закисных соединений меди в присутствии кислородных кислот: получаются одновременно самородная медь и соединения окиси меди. Таковы, например, месторождения самородной меди в Южной Африке (Дамара, Намаква), изученные Делессом, Кнопом, Вибелем. Здесь самородная медь сопровождается медным купоросом, малахитом и т. п. Такой парагенезис мы наблюдаем в железных шапках многих месторождений, где встречается самородная медь.

В других случаях, однако, самородная медь образуется какими-то медленными процессами, непосредственно из закисных соединений, без образования солей окиси, на что указывают, например, ее псевдоморфозы по куприту, обычные во многих местах: в Дамара в Африке, на Урале — в Гумешевске, Нижне-Тагильске и др. [2], по халькозину и т. д. Эти псевдоморфозы обычно очень пористы и состоят из дендритов меди; иногда они весят несколько килограммов [3]. Химический процесс образования таких псевдоморфоз неясен; очень вероятно, что он связан с одновременным изменением соединений железа: соли закиси железа (главным образом сидерит) окисляются за счет солей окиси меди или чистой Cu_2O [4]. Обычно такие псевдоморфозы

[1] Knop, 1861, стр. 542; Wibel, 1864; Bischof, 1866, стр. 691, 835, 862; J. Roth, 1879, стр. 229, 253 и сл.; Biddle, 1901, стр. 378 и сл.; Fernekes 1907, стр. 580.

[2] G. Rose, 1837, стр. 270; Breithaupt, 1853; Н. Барбот де Марни, 1860, стр. 147.

[3] Knop, 1861, стр. 524.

[4] Wibel, 1864; Suckow, 1848, стр. 186; 1853, стр. 435; 1858, стр. 140. Опыты Кнопа, однако, указывают образование при этом медного купороса, т. е. сводят процесс к образованию солей окиси меди. Процесс более сложный, и, по Зукову, под влиянием CO_2 и H_2O образуется двууглекислое железо, которое, окисляясь в $Fe_2O_3(HO)_6$, берет кислород от соединений меди. Надо думать, что мы имеем здесь случай каталитических реакций.

сопровождаются лимонитом. В иных случаях восстановителем являются углеводороды[1] или другие органические вещества. Так, давно известно образование меди на деревянных крепях рудников[2]. Эти процессы в природе идут в ту и в другую сторону, кислородные и сернистые соединения меди и самородная медь постоянно переходят друг в друга[3]. Нередко наблюдаются переходы в самородную медь солей окиси меди.

В природе при распадении сернистых соединений меди главным источником самородной меди служит, повидимому, медный купорос, который легко уносится водами и выделяет медь при соприкосновении с солями железа, органическими веществами и т. д.; этим путем образуются и указанные раньше псевдоморфозы меди по органическим остаткам, дереву и т. п.[4]. Такой процесс может идти в значительных размерах. Так, в торфяниках по долине р. Левихи (бассейн Тагила) на Урале выделяется в значительном количестве порошковатая цементная медь, благодаря восстановлению торфом растворов медного купороса, образующегося при разрушении массивных пород, содержащих медный колчедан[5]. Самородная медь осаждается и при соприкосновении растворов ее солей с алюмосиликатами[6]. Процесс выделения Cu из $CuSO_4$ может быть представлен следующими схемами:

$$2CuSO_4 + 2FeS_2 + 3H_2O + 14O \rightleftarrows Cu_2O + Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2SO_4$$

$$Cu_2O + H_2SO_4 \rightleftarrows CuSO_4 + Cu + H_2O$$

Из этих уравнений ясно, что это явление имеет характер обратимого процесса.

Но, помимо распадения растворимых солей меди, медь может переноситься в растворах непосредственно — образуются оригинальные водные растворы коллоидальной меди[7], существование которых видно, например, из нахождения в природе конкреций самородной меди (§ 195).

200. Для самородной меди, подобно тому, как это указано для золота (§ 121), мы имеем в истории Земли периоды ее более усиленного и более редкого выделения (ср. § 37). Несомненно, для меди вопрос несколько усложняется тем, что для нее гораздо более обычно вторичное выделение из соединений, но и это вторичное выделение идет сильнее, когда медных соединений в земной коре больше.

Из таких периодов выпадения меди можно отметить[8]: 1) докембрийские эпохи (например, Северная Америка, § 197), 2) пермскую и триасовую эпохи, большей частью в связи с выделениями мелафиров. Руды подобного возраста — и отчасти одинакового характера — наблюдаются в Европе, Азии, Африке, Северной Америке; они известны в Германии, Франции, Чехии, России, Англии, Испании, Швейцарии (Гларусе), Северной Америке — в Нью-Джерси, Коннектикуте, Новой Мексике, Техасе, Вир-

---

[1] W. Müller, 1864, стр. 144 и сл.

[2] Bischof, 1825, стр. 195; 1866, стр. 862.

[3] Это резко выражается в псевдоморфозах; известны, например, Cu ⇄ куприт, углекислые соли ⇄ медь. В некоторых рудниках эти процессы шли в большом размере, например в руднике Фридрихсзеген около Эмса (Seligmann, 1876, стр. 261).

[4] См. об этом еще у Ломоносова, 1759, стр. 20. Ср. J. Roth, 1879, стр. 229, 253, 602.

[5] Гладкий, 1892 (1), стр. 116.

[6] Sullivan, 1905, стр. 67.

[7] О растворимости меди в воде см. Carnelley, 1876, стр. 1 (литература); Meldrum, 1898, стр. 209.

[8] Lapparent, 1906, стр. 1825—1826. Ср. Weed, 1908, стр. 37.

гинии и др., в Мексике (Чиуауа), в Южной Америке — в Бразилии, в Африке — Конго, и др.; 3) третичную, повидимому верхний эоцен, часто в связи с выделениями серпентинов (§ 196, Италия — Тоскана, Мексика — Нижняя Калифорния, Южная Америка, Япония и т. д.). Почти во всех этих отложениях мы встречаем и самородную медь, отчасти выделенную позже в верхних частях месторождений, отчасти первичную, в связи с магматическими процессами.

201. Из первичных месторождений самородная медь попадает во вторичные, в р о с с ы п и, где иногда скопляется в значительных количествах. В этих россыпях, например в Индии[1] или в Северной Америке, иногда встречались огромные ее самородки; в других случаях, например при разрушении медистых песчаников, образуются богатые м е д н ы е п е с к и (Корокоро в Боливии). Некоторые из элювиальных россыпей (например, в Богословском окр.)[2] очень обычны в месторождениях медных соединений.

Россыпи меди в общем повторяют те же типы, какие мы наблюдаем для золота (§ 124); иногда медь даже находится с золотом. Известны и самостоятельные медные россыпи — аллювиального, элювиального и других типов.

Очевидно, она попадает не только в россыпи, но и в детритовые породы (ср. золото, § 123). Среди таких месторождений особенно характерно нахождение меди в древних ледниковых отложениях Северной Америки — от Огайо до Миннесоты, например в Миннесоте, Чикаго, Висконсине[3]. В Висконсине легко можно было собирать в валунах ежегодно сотни килограммов самородной меди. Она происходит из разрушенных в ледниковую эпоху колоссальных отложений Верхнего озера (§ 197).

202. Изменение самородной меди. Самородная медь подвергается изменениям двоякого рода: 1) она растворяется и 2) изменяется химически, хотя и процесс ее растворения сложен и тоже имеет химический характер.

Вода — особенно в присутствии кислорода и азотсодержащих тел — растворяет медь. Перенос меди в растворах виден в парагенезисе самородной меди не менее резко, чем это наблюдается для золота или серебра (§ 112). Медь нередко наблюдается внутри кристаллов кальцита и других минералов, осевших из водных растворов в последних генерациях медных месторождений. В каждом медном месторождении можно проследить такую вторичную циркуляцию меди водным путем: так, выпадают ее конкреции (§ 195) или собираются огромные стяжения (§ 197).

Самородная медь, с другой стороны, не является устойчивым химическим соединением на земной поверхности, хотя при некоторых условиях, в больших кусках внутри прекративших свое живое существование жил, медь очень устойчива и мало меняется[4]. Чисто химические ее изменения идут в коре выветривания в двух различных направлениях. Так, в жильных месторождениях, в верхних их частях, она переходит в куприт, хризоколлу, тенорит, азурит, малахит. Эти процессы имеют иногда характер реакций равновесий; образуются системы, не доходящие до конца, идущие, в зависимости от внешних условий, в ту и другую сторону. На границе с кислородной поверхностью самородная медь может образовать такую систему даже с халькозином, аналогично серебру:

[1] M a l l e t, 1887 (1), стр. 4—5.
[2] Е. Ф е д о р о в и В. Н и к и т и н, 1899, стр. 83.
[3] C r o o k, 1902, стр. 20; L a p h a m, 1877, стр. 27; T. C h a m b e r l i n, 1877, стр. 210; R. I r v i n g, 1877, стр. 619.
[4] V a n H i s e, 1901, стр. 98—99.

$$Cu_2S \rightleftarrows Cu.$$

Совершенно другой характер представляет ее изменение в почве и в россыпях. Здесь она изменяется под влиянием кислорода воздуха и хлористого натрия, всегда находящегося в почве, давая окиси и атакамит, причем реакция эта идет до конца, до полного изменения меди. Этим путем может происходить полное исчезновение медных изделий, остающихся в почве.

Реакция может быть выражена следующими уравнениями[1]:

$$4Cu + 4O = 4CuO.$$

$$4CuO + 2NaCl + CO_2 + 4H_2O = \underset{\text{атакамит}}{3CuO \cdot CuCl_2 \cdot 4H_2O} + Na_2CO_3.$$

Образовавшийся атакамит не остается неизменным и не предохраняет медь от дальнейшего растворения. Как указал М. Бертело, он в присутствии NaCl и Cu дает растворимую двойную соль $Cu_2Cl_2 \cdot 2NaCl$, которая, в свою очередь, дает начало (в присутствии кислорода) атакамиту. В то же самое время самородная медь после перехода атакамита в $Cu_2Cl_2 \cdot 2NaCl$ и ее растворения дает вновь атакамит и т. д. В конце концов изменяется вся медь целиком.

Такая реакция должна идти всюду, где циркулируют воды, содержащие продукты выветривания, и этим, может быть, объясняется относительно редкое нахождение самородной меди в россыпях.

Помимо таких изменений в коре выветривания, самородная медь несомненно должна изменяться в более глубоких слоях литосферы, в области метаморфизма. На это указывает то, что она совершенно неизвестна в составе метаморфических пород, образовавшихся из пород осадочных или вулканических. Она переходит здесь, вероятно, в сернистые тела, т. е. идет процесс, обратный тому, какой мы наблюдаем ближе к поверхности земной коры.

203. История меди. Самородная медь является прекрасной медной рудой, однако не часто она находится в значительных количествах и обычно составляет небольшую часть медной руды. Однако огромные скопления самородной меди около Верхнего озера в Северной Америке (§ 197) или в Боливии (§ 198) дают колоссальные количества меди. Благодаря им самородная медь и до сих пор составляет заметную часть мировой добычи. По исчислениям Уида, самородная медь составляла в 1904 г. около 27% всей добычи меди в США[2], а добыча США равнялась в 1906 г. около 55% мировой добычи меди[3]. Таким образом, самородная медь составляет не менее 15% всей мировой добычи меди. Принимая во внимание Боливию и отдельные другие месторождения, этот процент должен еще повыситься[4]. Ежегодно, должно быть, добывается больше 100 000—150 000 т самородной меди.

Большей частью, однако, самородная медь сосредоточена в верхних горизонтах медных месторождений вместе с кислородными соединениями меди и быстро вырабатывается уже при первоначальной разработке этих месторождений.

---

[1] M. Berthelot, 1906 (1), стр. 47.
[2] S. Emmons, 1905, стр. 23 — исчисления Уида.
[3] Weed, 1908, стр. 8.
[4] По Уиду (Weed, 1908, стр. 311), один Мичиган дает 15% мировой добычи.

Все увеличивающееся потребление меди, вызванное развитием техники и электричества, удовлетворяется медью, добываемой из других минералов,— главным образом из сернистых ее соединений[1].

Однако так было не всегда. В прежние стадии истории человечества, при отсутствии железа, значение меди было не меньше, а главным ее источником была самородная медь; ее добывали преимущественно из россыпей. В тех местностях, где она встречалась в заметном количестве, она являлась первым металлом, заменявшим человеку каменные и костяные орудия; подобно камню и кости, она не требовала сложной переработки — встречалась в готовом виде, в больших кусках.

Частое нахождение медных орудий вызвало даже теорию существования «медного века», предшествовавшего бронзовому[2]. Хотя вывод этот едва ли отвечает фактам, нельзя отрицать, что в истории человечества существовали периоды, когда медь играла крупную роль в его культуре и употреблялась в более или менее чистом состоянии[3].

Значительную роль при этом играла самородная медь. Так, она издавна была известна малайцам, встречаясь в самородном состоянии на о-ве Тиморе или на о-ве Люцоне[4]. Повидимому и у других племен Азии она была одним из первых металлов, служивших предметом разработки. Есть все данные думать, что извека добывали самородную медь в горах Урала, Алтая, в различных местах Сибири на запад от Енисея[5], в степных уездах Семипалатинской, Акмолинской, Тургайской обл. На это указывают многочисленные древние, так называемые «чудские» разработки, вырабатывавшие, повидимому, главным образом самородную медь,— таков, например, древний медный рудник на горе Мыстау в Тургайской обл.[6] Следы древних («китайских») разработок самородной меди встречены и в месторождении Наукат на Сыр-Дарье[7]. Самородная медь в Джунгарии разрабатывалась в начале XVIII столетия. По донесению майора Угримова (1732), жители г. Аксу платят джунгарам дань самородной медью, которую находят вблизи города. То же и г. Куца (Куча), который раньше платил много[8]. Другой древней областью добычи самородной меди были области современного Южного Китая — Юньнань и южный Сичуань. Здесь создалось очень древнее медное производство, и самородная медь,

---

[1] Vogt, 1895, стр. 96 и сл., 108 (75% всего производства).

[2] Buffon, 1790 (1), стр. 218 и сл.; 1790 (2), стр. 180 и сл.; Rossignol, 1863, стр. 214 и сл.; Zippe, 1857, стр. 99; Лавров, 1865, стр. 14—15; Gowland, 1906, стр. 11. О существовании «медного» века до бронзы знали и древние писатели, например, Агафархид, Варрон, Лукреций. См. Sittl, 1895, стр. 201.

[3] Ее значение в былое время и падение прекрасно выразил Лукреций:

Ныне в презрении медь, а золото в высшем почете.
Так обращенье времен изменяет значенье предметов:
Что́ было раньше в цене, то лишается вовсе почета,
Следом другое растет, выходя из ничтожества к блеску;

[Лукреций. О природе вещей, кн. V, 1274, М., 1945].

[4] R. Andrée, 1884, стр. 91—92.

[5] Яворовский, 1894.

[6] Р. Герман, 1829, стр. 339. О древних разработках на Урале и в прилегающих к нему степях см. Рычков, 1762 (2), стр. 228; Паллас, 1786, стр. 198 и сл.; И. Герман, 1789 (2), стр. 89. Любопытно, что в наиболее богатых самородной медью Богословских рудниках следов чудских разработок не было (Паллас, 1786, стр. 335). В Гумешевском и других более южных рудниках самородной меди осталось меньше, и в них ясны следы «чудских» копей.

[7] Bess, 1907.

[8] Веселовский, 1887, стр. 234.

добываемая дудками или из верхних пластов, еще и теперь продается на базарах Тунчуана[1].

Медь сделалась известной в Западной Европе за 2000 лет до нашего времяисчисления[2].

В Европе существовала своя добыча меди с самого начала знакомства с металлом. Центром такой добычи были Ирландия, Альпы, Испания, Сардиния[3]. Медь очень скоро стала добываться здесь из своих соединений, но, несомненно, при начале добычи разрабатывалась и самородная медь[4].

204. Главные центры древней разработки самородной меди находились, однако, в Северной и Южной Америке. Здесь медь употреблялась туземцами как камень — не шла в плавку. Известно несколько различных центров, откуда шла самородная медь. Кустарная добыча самородной меди продолжалась туземными племенами долго спустя после открытия Америки европейцами. Слухи о существовании медных рудников играли большую роль в истории географического исследования, особенно северной части Северной Америки[5].

До конца XVIII столетия эскимосы и северные индейские племена добывали самородную медь из песков Медной реки, впадающей в Тихий океан, или Меднорудной реки, впадающей в Северный Ледовитый океан, совершая для этого путешествия за сотни километров. Пески этих рек около устья содержали многочисленные медные самородки. Открывший Меднорудную реку в 1771 г. англичанин Хэрн описывает сцены, переносящие нас в эпоху «медного» века. Им были встречены эскимосские племена, металлические орудия которых были изготовлены из самородной меди; он описывает сцены грабежа и убийств в местах добычи самородной меди[6]. В начале XVIII века, до организации больших северных компаний, занимавшихся добычей мехов, медь имела на севере, в теперешней Канаде и Соединенных Штатах, еще большее значение и являлась единственным металлом, известным жившему тогда там человеку[7]. Русские мореходцы встретили в XVIII веке таких же туземцев с медными орудиями, собиравших самородную медь около р. Медной на Аляске[8].

---

[1] Leclère, 1902, стр. 90, 154.

[2] Déchalette, 1908, стр. 2.

[3] Для Альп см. Freise, 1906, стр. 603; Makovsky u. Much, 1907, стр. 19. Для Испании см. Much, 1907, стр. 116 и сл. О древних разработках в Испании — Caron, 1880, стр. 105. Для Сардинии — Baux, 1889, стр. 279.

[4] Мух (Much, 1893, стр. 302) считал, что самородная медь не добывалась. Этому противоречит минералогический характер руд. Бюффон предполагал, что самородная медь была выработана в далекие, доисторические времена. Этим он объяснял редкость самородной меди в Европе (и Азии) и ее богатство в Америке (Buffon, 1790 (2), стр. 171).

[5] Сводку старинных данных (до 1760 г.) см. у Бюффона (Buffon, 1790 (2), стр. 235).

[6] Hearne, 1799, стр. 159. (Есть русский перевод). О продолжающейся теперь торговле и сборе самородной меди эскимосами (район Меднорудной реки, оз. Виктории и т. д.) см. Stefansson, 1914, стр. 17, 19, 25.

[7] Hearne, 1799, стр. 165. О древних разработках на Верхнем озере см. еще Wood, 1907, стр. 288 и сл. Если верно, что строителями курганов были тольтеки Мексики, переселившиеся туда в X—XI веках н. э., то добыча самородной меди должна была происходить много раньше этого времени. По исчислению Венкера, в 1910 г. добыто 870 000 т меди, а в 1900 г. добыча была всего 494 200 т (Wencker, 1912).

[8] Река Медная была описана Нагаевым (из материалов экспедиции Зайкова) в 1781 г. и названа так по кускам самородной меди, находившейся у устья р. Чечитны. Русские назвали и туземцев этой реки «медновцами». Здесь попадались самородки до 16 кг весом. Нагаев говорит о ней, между прочим: «Чугачи ездят по ней для торговли и получают от тех народов: медь, из которой делают себе копья, стрелы и то-

Гораздо бо́льшее значение имели медные копи в современном Мичигане, около Верхнего озера, на п-ове Кивино и на о-ве Ройал — там же. Слухи о нахождении здесь меди достигли европейцев — иезуитов — еще в XVII веке, но в это время там уже не было добычи меди. Добыча меди происходила за много столетий раньше. Как у нас на Алтае и Урале по следам «чуди», так и здесь по следам неведомых рудокопов были открываемы все главные месторождения во второй половине XIX века, когда вновь началось здесь медное дело. При новом открытии медных рудников в середине XIX века были найдены заброшенные старинные рудники самородной меди, найдены были каменные и медные рудничные орудия. Эти месторождения разрабатывались в доколумбово время. Медные изделия, повидимому из этой меди, были найдены в остатках таинственных американских курганов — «маунт-билдерс» — в Огайо, за сотни километров от Верхнего озера. Местные индейские племена, встреченные католическими миссионерами в первой половине XVII столетия вблизи коренных выходов меди, ничего не знали об ее разработке. Они пользовались лишь кусками самородной меди, попадавшейся в ледниковых наносах, в руслах рек, и отрывали от больших ее кусков отдельные части примитивным способом.

Отдельные куски самородной меди с Верхнего озера с XVII века стали попадать в культурный обмен. В конце XVIII века известны уже попытки таких разработок; но лишь с конца 1840-х годов начались первые разработки, непрерывно продолжающиеся до сих пор и составляющие заметную величину в мировой добыче меди[1] (§ 203).

В культурных и полукультурных государствах Центральной и Южной Америки медь была также давно известна (в отличие от железа, § 62) и добывалась, может быть, отчасти из сернистых соединений, отчасти из самородной меди. Такие древние рудники самородной меди были найдены в Корокоро в Боливии[2] (§ 198). Значительные ее скопления найдены и в других местах, например в Бразилии, в штате Байя[3]. Проникновение новой европейской культуры, с ее новым запасом железа, повидимому, положило конец туземной добыче меди.

На других континентах, например в Африке, по крайней мере в культурных областях севера, медь стала известной позже железа[4]. Однако и здесь мы имеем указания на издревле известные месторождения самородной меди. К сожалению, вопрос истории меди в Африке не выяснен[5].

Вскоре же после начала употребления самородной меди — и, вероятно, независимо в разных местах — человек научился добывать ее из ее соединений, главным образом из сернистых.

Подобно тому, как мы это видим для других металлов (§ 216), и здесь труд человека явился более могущественным агентом, чем вековые природные процессы.

поры» (Тебеньков, 1852, стр. 23). Самородная медь находилась и в других местах бывшей Русской Америки, например, на о-ве Уналашке, на берегах озера около Макушинского залива (Вениаминов, 1840, стр. 171).

[1] R. Andrée, 1884, стр. 140 и сл.; Whittlesey, 1863, стр. 27; Winchell, 1895, стр. 118 и сл. (литература).

[2] Weed, 1908, стр. 181.

[3] Vandelli, 1797, стр. 261.

[4] R. Andrée, 1884, стр. 55—57. Однако в Египте был период, когда изделия делались из меди раньше, чем из бронзы, и, может быть, из железа. M. Berthelot, 1906 (1), стр. 8; Wiedemann, 1909, стр. 295. Эта медь содержит As (Berthelot, 1906 (1), стр. 45) и, вероятно, добывалась из соединений.

[5] См. сводку старинных данных у Buffon, 1790 (2), стр. 233.

Мировое производство меди в тыс. т (больших английских тонн—1016 кг):

1880 . .	154,0 (17% С. А. С. Ш.)	
1883 . .	225,6 (32% »)	
1890 . .	269,5 (43% »)	
1903 . .	630,6 (49,6% »)	
1905 . .	698,9 (56,8% »)	Брейтерман[1]
1910 . .	877,5 (56,1% »)	
1913 . .	1002,3 (55,6% »)	

Очень характерно постоянное появление на рынке старой меди, которая составляет 15—20% всего потребления металла[2].

В год человек добывает теперь более 700 000 т металлической меди — количество не столь малое даже по сравнению с вековыми запасами самородной меди[3].

205. Самородная медь в России. В России известны довольно многочисленные месторождения самородной меди. В нескольких местах, как, например, на Урале, в Киргизских степях, на далеком Востоке, она временами являлась предметом разработки, правда, очень недолговечной.

В *Европейской России*, в *Архангельской губ.*, в *Александровском у.*, она встречена была в кварце с купритом около Умбы и Красноволока[4]; в *Кемском у.* указана на Медвежьем острове в Кандалакшской губе (Георги), в золотоносных кварцевых жилах по Онде и Выгу[5], в Воицком руднике[6].

На *Новой Земле*, на п-ове Медном в Пропащей губе, самородная медь находится в сильно эпидотизированном диабазе. Содержит следы серебра (до 0,01%). Медь встречается в виде микроскопических включений и до кусков в 1 кг весом как в самой породе, так и в миндалинах. Нередко покрыта коркой куприта. Может быть покрыта коркой купрокуприта. Диабаз с медью залегает среди диабазов другого характера, не содержащих меди, в виде неправильных «жил». Аналогичное месторождение самородной меди известно и на севере Новой Земли — в Костином Шару[7].

Во *Владимирской губ.* указывалась в *Муромском у.*, около Мурома, в песках р. Оки[8].

В *Вятской губ.*, в *Елабужском у.*, в Варзинской даче, встречены мелкие зерна и пластинки в медном песчанике[9].

Для *Олонецкой губ.*[10] встречаются относительно многочисленные указания на самородную медь, однако все известные ее скопления невелики.

---

[1] Брейтерман, 1922, стр. 36, 38.

[2] Брейтерман, 1922, стр. 110 и сл.

[3] Аналогична, вероятно, и роль организмов. Помимо участия продуктов их распада в образовании самородной меди (§ 199), металлическая медь иногда выделяется, как таковая, организмами, например, она выпадает иногда в коре дуба (Francforter, 1899, стр. 45).

[4] Георги, 1798 (3), стр. 423.

[5] Бутенев, 1828, стр. 42; 1837, стр. 385.

[6] Лопатинский, 1826, стр. 76.

[7] Л. Иванов, 1914 (1), стр. 74. О вторичной самородной меди в диабазовых порфиритах около Пропащей губы см. Voit, 1913, стр. 47.

[8] Паллас, 1773 (2), стр. 57: может быть, археологические остатки; ср. § 127, 152.

[9] Игнатьевский, 1832, стр. 181.

[10] «Очерк месторождений полезных ископаемых», СПб., 1881, стр. 159. Проба самородной меди из Повенца, сделанная Жерве, указала на ее чистоту (Савченков, 1888, стр. 457). Старинные указания для Пялозерского рудника см. выше — серебро. Самородную медь находили при постройке Мурманской ж. д. на 48 км (близ с. Кондопоги) в трещинках породы (В. Соколов, 1917, стр. 49).

Уже в середине XVII века самородная медь была найдена и разрабатывалась в Заонежье С. Гавриловым[1]. Так, она указана в *Повенецком у.*, в диоритах около Файгмогубы; близ дер. Ютнаволоки (на контакте со сланцами) она встречалась в кусках до 16 кг весом[2]. В *Петрозаводском у.*, на границе с Повенецким, на восточном берегу Святухи, вблизи дер. Башниной, известна жила самородной меди с каолином в диорите. На берегу Путкозера тонкие прожилки самородной меди наблюдаются в диорите против дер. Онежаны, недалеко от горы Сыпун[3]; медь найдена в Кижской волости; здесь попадались куски меди более 16 кг весом[4]. Около Пертского озера, в руднике «Надежда», попадались кристаллы — {100}, {111}. Рудник «Надежда» был построен в начале XVIII века. Около него, на Патмозере, самородная медь была найдена в 1702 г., и в первый же год ее выплавлено около 1 т[5].

В *Петроградской губ.* и *у.* самородная медь изредка встречается с кристаллами барита в кембрийских слоях около Славянска — у Павловска (по указанию А. Е. Ферсмана, 1921).

В *Царстве Польском*, в *Келецкой губ.*, самородная медь известна на Медзяной горе, в верхних горизонтах, где, повидимому, она произошла из углекислых солей меди. Ее меньше, чем медной черни и стекловатой медной руды. Найдены большие куски, а также древовидные, волосовидные и другие выделения. Кристаллы и двойниковые сростки[6].

206. Но главные месторождения самородной меди наблюдались на *Урале*[7].

В *Пермской губ.*, в *Верхотурском у.*, в *Богословском окр.*, в Турьинских рудниках (главным образом Васильевском и Фроловском), наблюдались огромные ее скопления, кусками до 1,6 т весом[8] (ср. § 195). Из рудников Васильевского[9] и Фроловского были добыты в начале XIX — в конце XVIII века превосходные двойниковые сростки и дендриты самородной меди (главным образом в кристаллическом известняке, иногда в кристаллах кальцита, частью в трещинах известняка, в глинах)[10] (см. рис. 76). Самородная медь с купритом встречалась в старинном (1741 г.) Половинном руднике (около 6 км от Кушвинского завода)[11]. В Суходойском, Григорьевском и Порозовском рудниках[12] медь выделилась как

---

[1] Рожков, 1888, стр. 291 и сл., 298.

[2] Севергин, 1809, стр. 29; Конткевич, 1879, стр. 203.

[3] Гельмерсен, 1860 (2), стр. 577; Коленко, 1885, стр. 46, 75.

[4] Гельмерсен, 1860 (1), стр. 323.

[5] Рожков, 1888, стр. 291 и сл., 298.

[6] Блёде, 1830, стр. 62, 66, 90—91; Кун, 1829, стр. 224; Дмитриев, 1831 (2), стр. 131 и сл. Иногда в октаэдрах — см. каталог Пуша у Tschermak, 1900, стр. 662.

[7] О сомнительных месторождениях Самарской губ., в Бузулукском у., см. Подгаецкий, 1892, стр. 347; в Гродненской губ. см. Мейендорф, 1849, стр. 148.

[8] Паллас, 1786, стр. 298 и сл. В коллекциях сохранились куски около 100 кг весом — Гельмерсен, 1860 (1), стр. 323 (Горный институт).

[9] Самородная медь Васильевского рудника была серебристая (Паллас, 1786, стр. 298).

[10] О меди этого месторождения см. И. Герман, 1789 (2), стр. 87; Бегер, 1826 (1), стр. 17 и сл.; G. Rose, 1837, стр. 401 и сл.; Гельмерсен, 1860 (1), стр. 323; Кокшаров, 1870 (2), стр. 218; Е. Федоров и В. Никитин, 1901 (1), стр. 17 и сл. Кристаллы из Богословских рудников ({100}, {111}, {1$\bar{1}$1}) указаны уже И. Германом (1789 (2), стр. 355). Наиболее полно изучены Розе. Ср. также Кокшаров, 1872, стр. 275.

[11] Гмелин, 1752, стр. 423.

[12] О Суходойском см. [Н. Попов], 1811, стр. 19 и сл.; о Григорьевском и Порозовском — там же, стр. 283. Ср. Протасов, 1830, стр. 93 (Порозовская шахта).

вторичное образование, нередко в тесной смеси с землистым купритом (бронзовая руда)[1]. Везде здесь медь является вторичным образованием, первичным соединением служит халькопирит. Она выделилась на контакте, главным образом в перекристаллизованных известняках. В старинных разработках она наблюдалась во многих других местностях округа, например, около Ольговского железного рудника[2], около Волчанки (30 км от Богословского завода на север)[3]. В Михайло-Архангельском руднике наблюдалась волосатая и налетелая медь[4]. Встречена в сиенитах около Надеждинского завода, в 6 км от Петропавловска, по р. Колонге, в туфе диабазового порфирита[5]. В Петропавловском окр. встречалась в старинных рудниках Покровском и Конюховском[6]. Находилась прежде на р. Медной, притоке Лобвы, где в первой половине XVIII века были даже медные заводы[7]. Упоминается и в других местах Северного Урала, старого Богословского окр., например на Кончаковском Камне[8]. Находится нередко и в платиновых (§ 83) и золотоносных (§ 153) россыпях (например, в Логовской, Андреевской, Суходойской и др.)[9].

На севере, в дачах *Всеволодоблагодатских заводов* по р. Кокве, притоку Сосьвы, и на Сосьве, около Медного (Коквинского) зимовья, она была встречена в кварцевых валунах[10] (ср. § 208).

Южнее, в *Нижне-Тагильском горном округе*, встречены были значительные скопления самородной меди в Меднорудянском руднике[11]. Здесь она образовалась местами в связи с выветриванием халькопирита, в области развития кислородных соединений меди[12]. Кристаллы большей частью двойники по {111}[13]. Медь попадается и в магнетите горы Высокой[14]. Она встречена здесь и в других местах — в Павловском руднике[15], по р. Улитке[16] — всюду в небольшом количестве. Об оригинальном месторождении по р. Левихе в *Черноисточенской даче*,— см. § 199.

В *Екатеринбургском у.*, в *Екатеринбургском горном округе*, дендриты и примазки самородной меди указаны в Первоблагодатном руднике[17]. Около Екатеринбурга она найдена в серпентинах Мало-Мостовской

---

[1] Бегер, 1826 (1); Протасов, 1830.

[2] Протасов, 1830, стр. 111.

[3] Паллас, 1786, стр. 310; И. Герман, 1789 (1), стр. 155—156; 1789 (2), стр. 90. Волчанка — ручей Вальче.

[4] Протасов, 1842, стр. 474.

[5] Е. Федоров и В. Никитин, 1901 (1), стр. 23.

[6] М. Карпинский, 1840 (3), стр. 217.

[7] И. Герман, 1789 (1), стр. 215; «Горн. журн.», 1835, II, стр. 318. О заводах — см. Н. Чупин, 1873 (2), стр. 93 и сл.

[8] И. Герман, 1789 (2), стр. 355.

[9] М. Карпинский, 1840 (2), стр. 232; Щуровский, 1841, стр. 303; Н. Чупин, 1873 (1), стр. 198. Коллекция Московского университета (Гулинская россыпь).

[10] Упоминает медь на Сосьве уже Паллас (1786, стр. 294). Точные указания см. у Нестерова, 1839, стр. 16. Для Коквинского Камня см. И. Герман, 1789 (2), стр. 355.

[11] G. Rose, 1837, стр. 312 и сл.; Колтовской, 1846, стр. 170; Майер, 1876; Гладкий, 1888, стр. 99 и сл.; Чернышев, 1897; Трушков, 1905, стр. 78.

[12] В Нижне-Тагильских рудниках попадались псевдоморфозы меди по куприту, сохранившие внутри ядро куприта (Breithaupt, 1853, стр. 371).

[13] G. Rose, 1837. Здесь попадалась более редкая форма — {113}.

[14] Георги, 1798 (3), стр. 421; Колтовской, 1846, стр. 156.

[15] Колтовской, 1838, стр. 431.

[16] «Годичный отчет Геол. музея Академии Наук за 1904 г.» СПб. 1905, стр. 16.

[17] Чайковский, 1830, стр. 299. Коллекция Московского университета.

россыпи [1]. В Верхне-Мулинске встречена с малахитом; около Сметаниной на Кунаре — с серебром, куприто и т. д. [2]. На границе Каменской и Монетной дач встречена в месторождении асбеста [3]. В дачах *Каменского завода* встречалась изредка в Святочудовском руднике по р. Кунаре (притоку р. Пышмы) [4]. Гораздо бо́льшие ее скопления были встречены в Гумешевском руднике. Здесь в верхних, сильно разрушенных частях встречались самородки весом до 16 кг и больше; медь сопровождается кальцитом и кирпичной медной рудой, частью дает начало продуктам окисления — куприту и малахиту. В Гумешевском руднике встречались изредка хорошо образованные кристаллы меди (любопытны октаэдры — псевдоморфозы по куприту?) [5] и своеобразные конкреции [6]. Процесс образования меди идет и сейчас в поверхностных слоях.

В начале XIX столетия встречен новый тип самородной меди из мохообразных и дендритовых скоплений мельчайших блестящих кристалликов. Они находятся на роговике, иногда срастаются с куприто и покрыты мелкими друзами кварца. В *Сысертском горном округе*, в Полевской даче, самородная медь выделилась в Зюзельском болоте как продукт восстановления органическими веществами (по указанию А. В. Николаева. Коллекция Академии Наук).

В *Горношитских россыпях* встречались куски меди до 600 г весом [7]. В *Кыштымском окр.*, в Соймоновском руднике, медь находилась пластинками, дендритами и зернами вместе с пиритом [8]. Указана в Поляковском руднике [9].

Самородная медь попадалась также в песчаных и мергелистых пермских отложениях Предуралья, например в *Соликамском у.* Здесь по Каме развиты слои осадочных пермских пород около Александровского завода, Романова, Соликамска и т. д. Эти богатые выделениями самородной меди породы назывались «куреть» или «курятник» [10]. Медь разрабатывалась в различных рудниках, принадлежавших Пыскорским заводам. В районе Пыскорских рудников иногда находят «песчанокаменные яйцеобразные шарики, как бы усыпанные самородною медью, подобно медным блесткам» [11]. Так, она встречалась, например, в Ребиновском, Крушихинском, Воскресенском рудниках [12]. В Святотроицком руднике, как редкость, указана в «смоли-

---

[1] G. Rose, 1837, стр. 289 (найдена Шмидтом); М. Карпинский, 1840 (2), стр. 232.

[2] Leonhard, 1843, стр. 327.

[3] Крыжановский, 1907, стр. 69.

[4] Томсон, 1832, стр. 296; А. Антипов, 1860, стр. 270.

[5] О Гумешевске см. Паллас, 1786, стр. 191 и сл.; И. Герман, 1789 (2), стр. 71; [Н. Попов], 1811, стр. 39—40; Георги, 1798 (3), стр. 423; G. Rose, 1837, стр. 263; Щуровский, 1841, стр. 367; А. Антипов, 1860, стр. 271; Дюпарк и Сигг, 1914, стр. 19, 32.

[6] Паллас, 1786, стр. 193.

[7] М. Карпинский, 1840 (2), стр. 232.

[8] Менге, 1830, стр. 249. В Подсугурской шахте. См. Щуровский, 1841, стр. 366. Ср. § 132.

[9] Leonhard, 1843, стр. 327.

[10] «Попадается иногда самородная медь в тонконалетелом или мелко вкрапленном видах, нередко в известковом камне, проникая всю массу его мельчайшими частицами и неравномерно; или оная медь находится в агрегатах мелкорассеянная в связующей массе валунов» (Любарский, 1821, стр. 58).

[11] Н. Попов, 1804, стр. 43.

[12] [Н. Попов], 1811, стр. 76—77. Уже Де Геннин в начале XVIII столетия упоминал о самородной меди такого типа (Геннин, 1828, стр. 98). Ср. Георги, 1798 (3), стр. 423.

стом дереве», попадающемся в песчаниках[1]. В Крестовоздвиженском руднике самородная медь вместе с малахитом составляла цемент песчаника.

В *Оренбургской губ.*, в *Троицком у.*, в *Миасском окр.*, в Евграфовском и Надеждинском рудниках, самородная медь найдена в кварцевых прожилках в диорите[2], а в эпидозитовой жиле в диорите встречена в Уренгайском руднике[3]. Она находилась также в Санарском руднике с малахитом и галенитом в верхних частях разрушенной породы[4]. Встречалась в месторождениях магнетита, связанных с серпентином, в горе Карагай-Тау, около дер. Рысаевой[5]; при аналогичных условиях найдена на западном берегу оз. Ургун (или Аргун), недалеко от Калкана[6]. Самородная медь была найдена И. Лепехиным (1802, стр. 164) в медном руднике Карагуш (должно быть, Карагаш-Туба), в 16 км от Ургуна на Уе в Южном Урале[7], вероятно в Верхнеуральском у.

В *Верхнеуральском у.*, по А. Заварицкому, самородная медь в авгитовом порфирите с цеолитами наблюдается около горы Магнитной, близ Верхне-Кизильска и около с. Спасского — в авгитовом порфирите и эпидотизированном туфе[8]. Вкрапленности самородной меди наблюдались в полосе порфиритовых туфов западнее пос. Верхне-Кизильского[9]. В 6 км от Верхне-Уральска, в Черном Бугре,— самородная медь вместе с пренитом в сильно пренитизированном и эпидотизированном основном порфирите. Встречена на значительном пространстве. Около пос. Верхне-Кизильского, в Арбузовском логу,— вместе с пренитом в миндалинах сильно разрушенной основной эпидотизированной породы. Все эти месторождения подчинены эффузивным разностям основных пород диабазовой магмы[10].

Она встречается и в осадочных образованиях в Оренбургской губ.; такова так называемая «галечная руда» (т. е. конгломераты) около с. Бугульчан, где попадались большие ее пластины[11].

Самородная медь попадается здесь и в золотоносных россыпях, например около с. Нижние Караси *Миасского окр.* (коллекция Московского университета. Доставлена П. К. Алексатом в 1901 г.).

207. На *Кавказе* богатых месторождений самородной меди нет. Однако она часто встречается как вторичный продукт в верхних частях медных месторождений.

В *Батумской обл.*, в *Артвинском окр.*, в *Бешаульской даче*, в Бешаул-Кварцханском месторождении выделилась вторичная самородная медь в трещинах. Образовалась она из халькопирита[12]. В Кварцханском медном месторождении на берегу р. Кварцханки (приток Чороха), около Артвинского шоссе, встречается в трещинках самородная медь как вторичное образование из халькопирита[13]. В Мургульском ущелье самород-

---

[1] Чеклецов, 1832, стр. 34.
[2] Д. Соколов, 1832, стр. 734; Нестеровский, 1837, стр. 45.
[3] И. Мушкетов, 1878 (2), стр. 136.
[4] Паллас, 1786, стр. 140; И. Герман, 1789 (1), стр. 113—114.
[5] Гривнак, 1874, стр. 276.
[6] Паллас, 1786, стр. 412; И. Герман, 1789 (1), стр. 174 (уроч. Уклю-Карагай); Гривнак, 1874, стр. 278.
[7] Георги, 1798 (3), стр. 424; Севергин, 1809, стр. 135.
[8] Богданович, 1913 (1), стр. 216.
[9] Высоцкий, 1915, стр. 43.
[10] К. Богданович, 1917, стр. 34. Ср. Заварицкий, 1917 (1), стр. 142; 1917 (2).
[11] А. Антипов, 1860, стр. 290. Сам Антипов не видел, пишет с чужих слов.
[12] Г. Смирнов, 1905, стр. 210.
[13] Скрепинский, 1914.

ная медь известна в Дзансульском руднике (коллекция Академии Наук. Сообщение А. Твалчрелидзе, 1914). Около Ход-Елиа описаны дендриты самородной меди как вторичное образование в трещинах диабазового порфира, около жилы, богатой халькопиритом, пиритом, сфалеритом[1]. Самородная медь встречена также около сел. Энирабат и Лонгат[2]. Указана в Кед около Мерисси[3]. В *Батумском окр.* она найдена в россыпях в бассейне Чороха, по р. Тальгом-Су[4] (ср. § 101, 158).

В *Елисаветпольской губ.*, в *Елисаветпольском у.*, на горе Мис-Даг, в руднике Кедабекском, находятся дендриты, пластинки, иногда куски самородной меди, весом до 4 кг, в верхних горизонтах разработок (произошла из халькопирита)[5]. В *Зангезурском у.*, около Каварта, на Охчи-Чае, самородная медь найдена в старинных разработках[6]. Точно так же указана в Агаракском руднике около с. Агарака; она встречена здесь в виде небольших зерен и пластинок[7]. Медь наблюдается также в *Джеванширском* (?)*у.*, в пос. Тронбон по р. Терпьер (коллекция Академии Наук).

В *Карсской обл.*, в *Кагызманском окр.*, самородная медь найдена в диоритах и диабазах по р. Ак-Чаю, около с. Хенду-Таш. Встречается здесь и в трахитах. При разрушении этих коренных месторождений она попадает в виде самородков в наносы[8].

В *Кубанской обл.*, в *Баталпашинском отделе*, наблюдалась самородная медь в Тахтаул-Чалгане (коллекция Академии Наук). Изредка в в уроч. Старое Жилище в долине р. Большого Зеленчука в кварцевой жиле[9].

В *Терской обл.*, во *Владикавказском окр.*, наблюдалась самородная медь в Цусском руднике в Ардонском ущелье[10] и в Гуларском руднике (коллекция Московского университета. Доставлена А. А. Ауновским в 1901 г.). Изредка встречалась в Садонском руднике[11]. В *Нальчикском окр.* указывается самородная медь в горах около с. Хасаута[12].

В *Тифлисской губ.*, в *Борчалинском у.*, самородная медь наблюдалась в Алавердском руднике (коллекция Петербургского университета).

В *Эриванской губ.*, в *Александропольском у.*, самородная медь наблюдалась в верхних горизонтах Сисимаданского рудника, на р. Сиси-Су (образовалась из халькопирита)[13]. В *Новобаязетском у.*, в Дарачичанском руднике, около с. Баш-Абаран, недалеко от Мисханского завода, в верхних слоях, как в кварцевой жиле, так и в каолинизированном граните, встречены кристаллы самородной меди и сростки ее с кальцитом[14].

---

[1] Бацевич, 1887, стр. 140.
[2] Меллер и Денисов, 1900, стр. 51.
[3] Стрижов, 1902, стр. 162.
[4] Черник, 1895, стр. 493.
[5] Варенцов, 1887, стр. 403; Нестеровский, 1893, стр. 228—229.
[6] Н. Лебедев, 1901, стр. 108.
[7] Воскобойников, 1830, стр. 334; Меллер и Денисов, 1900, стр. 78.
[8] Марголиус, 1909.
[9] А. Герасимов, 1917, стр. 61.
[10] Стрижов, 1902.
[11] Кольчевский, 1861.
[12] Пятницкий, 1905.
[13] Подгаецкий, 1891, стр. 234. Указана уже Абихом.
[14] Воскобойников, 1830, стр. 325—326; Меллер и Денисов, 1900, стр. 83. Твалчрелидзе указал мне пропущенные мною данные о самородной меди из каталога коллекции Кавказского музея (Н. Лебедев, 1901): Пирдаунский рудник стр. 109 № 404), ручей Нижний Тауз (стр. 180, № 9), дер. Савакара, Ордубадский район (стр. 196, № 39).

208. В *Сибири* медь наблюдалась не раз, нигде не встречаясь в значительных количествах.

В *Тобольской губ.*, в *Березовском у.*,— около устья р. Маньи, по берегам р. Северной Сосьвы [1]; здесь в «диабазе» известны небольшие гнезда самородной меди, иногда попадались ее кристаллы (ср. § 206) [2].

В *Томской губ.*, в *Мариинском окр.*, в золотоносных россыпях по р. Барзасу, притоку р. Яи (Богородский прииск), на Конюхте, встречались куски самородной меди более 4 кг весом [3]. В *Кузнецком окр.*, на р. Кондоме, самородная медь встречалась в Кузедеевском прииске [4] и в старинных (XVIII века) Юрманских рудниках недалеко от Салаирского [5].

Довольно обычна самородная медь в разных рудниках *Алтая* [6], где иногда она собиралась в значительных количествах. Медь на Алтае всегда вторичная, находится в зоне сажистых и охристых руд; выделяется обычно окислением халькозина, также восстановлением солями железа и органическим веществом [7]. В Локтевском руднике частью она являлась новообразованием (цементная медь) и выпадала из растворов медного купороса при соприкосновении с железными предметами и соединениями [6]. В *Змеиногорском у.*, в Николаевском руднике, найдены мелкие кристаллы меди, в которых преобладает куб, в желваках малиновой руды (землистом куприте). Медь Змеиногорского рудника всегда содержит серебро [8]. В Сугатовском месторождении тоже найдена самородная медь (коллекция Академии Наук, 1916 г.). Также указана самородная медь в Березовском и Чудацком [9], Риддерском, Сокольном и Крюковском [10], Верхне-Лазурском [11], Таловском [12], Белоусовском и Зыряновском [13] (редко), Семеновском (дендриты в горном мозге [14], иногда в виде «виноградной грозди»), в Чагырском [15]— пластинки, Николаевском [16], Титовском и Гериховском [17] рудниках.

В *Енисейской губ.* наиболее богатым, вероятно, является месторождение ее в *Минусинском окр.*, в медистых песчаниках (девон?) по р. Печище — притоку р. Чулыма [18]. Она встречается также в порах палеозойских мелафиров вместе с пренитом, в горах, в 7—8 км на юг и юго-запад от

---

[1] «Годичный отчет Геол. музея Академии Наук за 1904 г.», СПб., 1905, стр. 17.

[2] Протасов, 1833, стр. 332—340.

[3] Зайцев, 1893 (1), стр. 227; 1893 (2), стр. 466.

[4] Коллекция Академии Наук. Старинный образец — указан в каталоге Хвостова. Вероятно, из Сабуровского шурфа, см. Lindenthal, 1788.

[5] Мамонтов, 1908, стр. 454.

[6] О меди на Алтае см. Пилипенко, 1915, стр. 339 и сл.; Соколовский, 1833, стр. 127 и сл. О кристаллах меди {111} см. Еремеев, 1871 (2), стр. 381. О кристаллах меди из Белоусовского рудника см. А. Купфер, 1911, стр. 526.

[7] Пилипенко, 1915, стр. 345 и сл.

[8] И. Герман, 1790 (1), стр. 38; Соколовский, 1833. Наблюдалась на барите, в роговике и в железной шляпе. Ср. G. Rose, 1837, стр. 530, 539. В Змеиногорском руднике самородная медь уже прекратилась в XVIII столетии. Раньше попадались красивые ее дендриты на барите. И. Герман, 1801, стр. 133.

[9] Гривнак, 1873, стр. 226, 242; Cotta, 1870, стр. 29; 1871.

[10] Гривнак, 1873, стр. 245, 253 и сл.

[11] Шангин, 1808, стр. 37.

[12] В окружающих породах, иногда очень красивая. «Горн. журн.», 1836, III, стр. 168.

[13] Пранг и Ярославцев, 1861, стр. 316 и сл.

[14] Георги, 1798 (3), стр. 425 (нередко чрезвычайно красивая); И. Герман, 1801, стр. 257 — в его время уже была выработана.

[15] И. Герман, 1807 (1), стр. 48.

[16] Нефедьев, 1871, стр. 28.

[17] И. Герман, 1801, стр. 199, 205.

[18] Реутовский, 1905 (1), стр. 147; Аргентов, 1906.

с. Сенявина, в окрестностях Богданова улуса. В Маинском руднике (по левому берегу Енисея, у впадения в него р. Уй) самородная медь встречена в «глинистых опаловидных сланцах» с купритом и малахитом[1]. В *Минусинском у.* самородная медь встречалась в россыпи Узунджульского прииска[2]. Самородная медь известна в области изверженных пород девонского бассейна по р. Береть. Иногда она попадалась в Глафиринском руднике[3]. В Сырских рудниках по р. Малому Сыру (известных с XVIII века) самородная медь найдена в кварцево-кальцитовых жилах, главным образом в нижних горизонтах (выше—окисленные медные руды), с пренитом (и в прените), среди досреднедевонских эффузивных пород (мелафиры, туфы). Такая медь известна около улуса Малый Сыр, около горы Чансыр-Даг у Морозовского улуса и железной дороги[4]. Самородная медь встречается в кварцево-кальцитовых жилах среди порфиритов по левой стороне Тустуджула[4]. Она найдена также около дер. Богдановой — на горе Колодец (1,5 км от горы Чудской Рудник), по левой стороне р. Кокел и в нескольких других местах, в эпидотовой породе среди порфиритов, па горе Улух-Таг (коллекция Академии Наук), в известковых и баритовых жилах в области зеленокаменных пород между дер. Копьевой и Теляжкиным улусом[5]. В *Ачинском у.*, в 12 км от станицы Соляно-зерской, известно также ее нахождение с пренитом[6].

Она встречалась в золотоносных россыпях Ачинского окр.[7], Медь наблюдалась довольно часто в россыпях, например в *Енисейском у.*, по р. Мурожной, во Второ-Павловской россыпи[8], также в россыпях по Сухому логу (притоку Севагликона, Мариинский прииск), по Краснощековскому ключу (Безобразовский прииск, Большая Мурожная) и т. д.[9] В *Туруханском крае* встречена в россыпях русла р. Мыкчанды, притока р. Икана (впадающей в Пясину), в Норильских горах (коллекция Академии Наук). В *Красноярском у.*, в Трехсвятительском прииске по р. Осиновой попадались псевдоморфозы ее по малахиту[10].

В *Иркутской губ.*, в россыпях по р. Большому Сархою (притоку р. Тиссы, бассейн Оки), найдены большие пластины самородной меди; на р. Малом Сархое (приток Большого Сархоя) найдена самородная медь в верхних частях кварцевых жил, на значительной площади. Кварцевые жилы прорезывают или туфы, или глинисто-хлоритовые сланцы. Есть небольшие примазки и среди пород.

В *Забайкальской обл.* самородная медь указана в *Нерчинском у.*, в известняке в Воздвиженском руднике[11]; попадалась с азуритом и малахитом в Павловском и Кадаинском рудниках[12]. В *Верхнеудинском у.*, в восточной части Черноярской гряды, на левом берегу р. Хилки, на горе Большой Лисий Камень — в жильном кварце[13]; указана около с. Под-

---

[1] Аргентов, 1907, стр. 215.
[2] Толмачев, 1913, стр. 52—54.
[3] Эдельштейн, 1917 (2), стр. 133.
[4] Эдельштейн, 1917 (1), стр. 196; 1917 (2), стр. 154, 155.
[5] Аргентов, 1906
[6] Боголюбский, 1884, стр. 16.
[7] Полетика, 1860.
[8] Версилов, 1857 (2). Здесь, повидимому, был коренной выход. См. К. Кулибин, 1865, стр. 35; Латкин, 1869, стр. 72, 74.
[9] К. Кулибин, 1865, стр. 35; Еремеев, 1887 (2), стр. 283.
[10] Боголюбский, 1884, стр. 16; Еремеев, 1887 (2), стр. 315.
[11] Озерский, 1867 (1).
[12] А. Кулибин, 1827, стр. 488 и сл. Данные взяты у Карамышева. См. «Neue Nordische Beiträge», IV, SPb., 1783, стр. 246.
[13] В. Обручев, 1899, стр. 122.

лопатки[1]. В *Баргузинском у.*, в Ангарской тайге, около р. Октокита она найдена с гематитом[2]. Месторождение находится на левом берегу р. Намамы (приток р. Светлой) — 55° с. ш., 111° в. д. Медная руда (главным образом окисленная) находится на контакте диоритов с известняками и аплитами; в ней попадалась самородная медь[3]. По р. Джиде самородная медь найдена в миндалевидных мелафирах[4]. В Шерловой горе при промывке россыпей встречали зерна самородной меди в парагенезисе с висмутом[5].

В *Амурской обл.* встречена в Малом Хингане, по р. Самаре, в брекчиях железных руд (с гематитом)[6].

В *Приморской обл.*, на *Камчатке*, она обратила на себя внимание уже при первых исследованиях этих мест — медь собирали в песке[7] при устье р. Большой[8] и при устье р. Радуги, впадающей в Камчатку, около Курильского озера и в Ширявой губе[9]. На *Командорских островах*, в северо-западной части о-ва Медного, самородная медь находится в вулканическом туфе, в прожилках или гнездах кальцита, кварца, цеолитов. Здесь в XVIII веке встречались на морском берегу довольно большие ее куски, окатанные морской волной. В этих месторождениях известны кристаллы меди {110}. На северном берегу о-ва Беринга наблюдались мелкие кусочки самородной меди после сильных северных ветров[10]. Лепешки самородной меди наблюдались в Приморской обл. на левых притоках Уды, ниже Маи[11]. По К. Граховскому[12], тонкие прослойки и жилы самородной меди в изверженных породах; с боков жилки окислены в азурит, малахит и т. д. Мощность прожилок 5—20 см. По р. Уде, в 40 км от ее левого берега, медь наблюдалась среди каменноугольных известняков. Повидимому, самородная медь есть на Медном мысу (50°30′ с. ш.) севернее бухты Старка[13]. В медно-цинковом месторождении в районе р. Тетюхе самородная медь является вторичным продуктом[14].

В *Охотском окр.* указана в окрестностях Ямска[15].

209. В *Степной России*: в *Акмолинской обл.*, в руднике Спасского завода, в урочище при горе Нельды, в кальците и кирпичной руде встречались неясные кристаллы самородной меди[16]. В Успенском руднике известны пластинчатые сростки меди в известняке (коллекция Академии Наук), дендриты[17].

---

[1] Паллас, 1793, стр. 274.
[2] Дейхман, 1871, стр. 559.
[3] Миткевич-Волчасский, 1913.
[4] R. Beck, 1901, стр. 391.
[5] Тетяев, 1918, стр. 25.
[6] Аносов, 1865 (1), стр. 71; 1865 (2).
[7] Dietrich, 1781, стр. 41. По указанию Шерера.
[8] Найдена однажды. См. Паллас, 1793, стр. 274.
[9] Гагемейстер, 1853, стр. 231—232.
[10] Паллас, 1781, стр. 306 — по описанию «обергиттенфервальтера» П. Яковлева (1758 г.). Медь была уже редкой в 1755 г., когда ее из коренных месторождений и на берегу было добыто немного более 16 кг. Ср. также Спасский, 1822, стр. 121 и сл. Спасский пользовался неопубликованными данными Яковлева. Новые наблюдения см. у Морозевича и Конюшевского, 1904, стр. 51. О Командорских островах см. Sauer, 1802. На о-ве Медном она указана, повидимому, впервые Е. Басовым в 1747 г., см. Берх, 1823 (рапорт Басова).
[11] Анерт, 1915, стр. 800.
[12] Анерт и Полевой, 1917, стр. 180.
[13] Большев, 1872.
[14] Weigel, 1911.
[15] Слюнин, 1900, стр. 137.
[16] Бернер, 1871, стр. 4.
[17] E. Walker, 1905, стр. 1202.

В *Семипалатинской обл.*, в *Каркаралинском у.*, в Вознесенском (Калмакташском) руднике Поповых, в конце 1850-х годов были встречены значительные массы самородной меди (отдельные глыбы доходили до 1,6 т; см. выше рис. 77). Здесь самородная медь встречена на глубине 7,5—15 м в кальцитовой жиле, содержащей кварц; на поверхности она состояла из азурита и малахита[1]. К сожалению, это богатейшее месторождение самородной меди в Киргизской степи не было своевременно изучено, и теперь даже неизвестно с точностью нахождение старинного Вознесенского рудника[2]. В меньших количествах она наблюдалась во многих других рудниках и заявках Поповых, например в Богословском[3] и Степановском[4] рудниках. В Акчетавской волости в Арал-Тюбе[5], в руднике Кызыл-Эспе, и в Беркаринской волости в руднике Беркара и др.[6]. В Капур-Адыре, на левом берегу Сарык-Узена[7]. Всюду самородная медь находится в небольшом количестве, вместе с кислородными соединениями меди. В Мурджикских горах около Тобулгулы, в уроч. Кара-Соран[8], самородная медь встречается на плоскостях соприкосновения кварцитовой жилы, проходящей в диорите с кальцитом. Первичной медной рудой Каркаралинского у. является медный колчедан в кварцевых жилах и кварцитах, сверху давший начало разнообразным кислородным соединениям меди. Руды залегают среди кварцитов и песчаников. Некоторые из аналогичных месторождений находятся в *Павлодарскому.*, например самородная медь из Ак-Сары[9], около горы Сайтанды, близ р. Акпарча[10], в руднике Коктас у Джелтавского пикета[10], около уроч. Сарыбийк близ Коктаса[10].

В *Усть-Каменогорском у.*, на границе с *Семиреченской обл.*, по р. Карабуге, самородная медь встречена в кварцевой жиле с малахитом[11].

В *Тургайской обл.*, старинные разведки Гейнса (1814) указали на ее нахождение на Медной горе (Мыс-Тау), в порфире по р. Канчебулгану, притоку р. Кара-Тургая (были старинные «чудские» разработки), в баритовой жиле с азуритом, малахитом, купритом и т. д.[12]

210. В *Средне-Азиатской России* нет значительных месторождений самородной меди. Она указана кое-где в верхних частях медных месторождений.

В *Семиреченской обл.*, в *Лепсинском у.*, в местности Абкет на южном склоне Тарбагатая, самородная медь наблюдалась в жилах в глинистом сланце[13]. По притоку р. Баканас — Тарпаку, к северу от оз. Балхаш, она известна в кварцевых и баритовых жилах[14]. О заявках на медь в Лепсинском у. см. Андреев, 1912, стр. 92. В *Джаркентском у.*, на южном склоне хр. Кетмен, по р. Чулак, самородная медь заполняет пустоты и

---

[1] «Горн. журн.», 1858, II, стр. 338; Гельмерсен, 1860, стр. 322 (рисунки); Abel, 1863, стр. 90 (содержит 0,03% Ag, 0,01% Bi, 1,28% As); Красовский, 1868.

[2] Романовский, 1903, стр. 39.

[3] Сборовский, 1896, стр. 29 — по Порецкому.

[4] Нефедьев, 1871, стр. 27. О Степановском руднике см. Сборовский, 1896, стр. 38.

[5] Коллекция Московского университета. От И. Н. Стрижова, 1894 г.

[6] И. Антипов, 1892, стр. 326 и сл.

[7] Коллекция Московского университета. Доставлена Н. Н. Тихоновичем в 1899 г

[8] Белоусов, 1884. стр. 341.

[9] Указана Нефедьевым (1871, стр. 27). На Ак-Сары в 1856—1861 гг. находился Гавриловский рудник (в Кызылтавских горах). См. Сборовский, 1896, стр. 120.

[10] Высоцкий, 1896, стр. 10. У Сайтанды был в 1850-х годах Царево-Александровский рудник. См. Сборовский, 1896, стр. 120.

[11] Татаринов, 1865, стр. 461.

[12] Левшин, 1832, стр. 174; Р. Герман, 1829, стр. 335 и сл.

[13] Мушкетов, 1878 (1), стр. 7.

[14] Татаринов, 1852, стр. 71 и сл.

миндалины амигдалофира. Занозистые и ветвистые сростки. Есть самородки до 1,6 кг. Жеоды и пустоты невелики [1].

В *Сыр-Дарьинской обл.*, в *Чимкентском у.*, в Джилыбулакской волости, в хр. Кара-Тау, в верховьях р. Арыстанды, в уроч. Батпак-Су, есть заявка на самородную медь [2]. В *Ташкентском у.* самородная медь встречается как продукт изменения халькозина в руднике Джур-Джурак, по р. Кок-Су (бассейн Сыр-Дарьи) — между хр. Брич-Мулла и горой Ахшаран-Тау [3].

В *Ферганской обл.*, в *Кокандском у.*, указана в осадочных отложениях; например, на берегу и на дне р. Сыр-Дарьи у Наукатской переправы, в 40 км от Коканда, самородная медь наблюдается в песчаниках неизвестного возраста. Она образует иногда большие конкреции, весом больше 1 кг, но главная масса руды состоит из мельчайших выделений самородной меди, быстро изменяющихся на воздухе. В пустыне, на поверхности песка, стяжения самородной меди резко выделяются в общей массе песчаных слоев. В них медь сосредоточивается в определенных стратиграфических слоях; анализ указывает следы Co и Ni. Медь является цементом. Сопровождается тончайшим порошком магнетита [4]. Медь найдена также в месторождениях Супе-Тау, Серак-Салахи, Хребтике и др. на берегу Сыр-Дарьи. Медьсодержащие пласты приурочены к южному крылу антиклинали. Число пластов велико, но по мощности они очень непостоянны и часто выклиниваются [5]. В верховьях Карабуга в Тарбагатае киргизы находили куски самородной меди до 50 кг [6]. Есть заявки на самородную медь в *Наманганском у.* вдоль Сыр-Дарьи, в *Ошском у.* — в Гульчинской волости [7], в *Маргеланском у.*— по Саук-Су, с золотом [8].

Бухара. Самородная медь указана в горах Дарваза, хребтах Петра Великого и Гиссарском [9].

211. В *Финляндии*, в *Выборгской губ.*, находится в окр. Импилакс, в Питкаранте [10].

В *Куопиоской губ.*, в приходе Иломантс около Мэнтиваара, наблюдались дендриты меди; встречается также около Ноттиваара (редко) [11], в приходе Пиэлис — в руднике Герайоки [12] и в руднике Юссиусо Ено (коллекция Гельсингфорсского университета. По указанию Боргстрёма).

В *Або-Бьернборгской губ.* как большая редкость встречалась в окр. Киско, в Ориерви. Здесь она наблюдалась в слюдистых сланцах с кальцитом, гётитом, кварцем; иногда покрыта кристаллами кварца [13].

212. Определение. Самородная медь резко выделяется уже по своему внешнему виду. Цвет ее сильно колеблется от какого-то изменения ее поверхности; обычно он желтоватый (иногда бронзовый —§ 206), бурый, красноватый. Металлический блеск. Излом занозистый. Очень ковка.

---

[1] Вебер, 1917, стр. 72.
[2] Андреев, 1912, стр. 54.
[3] Вебер, 1913, стр. 75.
[4] R. Beck, 1903; Bess, 1907; Богданович, 1912, стр. 334 и сл.; 1917, стр. 122 и сл.; В. Вебер, 1913, стр. 13, 40.
[5] Вебер, 1913, стр. 119; 1917, стр. 43 и сл.; Demaret, 1900.
[6] Богданович, 1917, стр. 128.
[7] Андреев, 1912, стр. 80 и 86.
[8] Ошанин, 1880.
[9] Лагофет, 1911.
[10] Holmberg, 1856, стр. 62. В сильно измененном салитовом «скарне» встречены ее пластинки и кристаллы. См. Trüstedt, 1907, стр. 326.
[11] Holmberg, 1857 (2), стр. 54—55; 1857 (1), стр. 45.
[12] Wiik, 1887, стр. 9 (вероятно, образовалась из халькопирита).
[13] Д. Соколов, 1838, стр. 110; A. Nordenskiöld, 1863, стр. 5.

В *Семипалатинской обл.*, в *Каркаралинском у.*, в Вознесенском (Калмакташском) руднике Поповых, в конце 1850-х годов были встречены значительные массы самородной меди (отдельные глыбы доходили до 1,6 т; см. выше рис. 77). Здесь самородная медь встречена на глубине 7,5—15 м в кальцитовой жиле, содержащей кварц; на поверхности она состояла из азурита и малахита[1]. К сожалению, это богатейшее месторождение самородной меди в Киргизской степи не было своевременно изучено, и теперь даже неизвестно с точностью нахождение старинного Вознесенского рудника[2]. В меньших количествах она наблюдалась во многих других рудниках и заявках Поповых, например в Богословском[3] и Степановском[4] рудниках. В Акчетавской волости в Арал-Тюбе[5], в руднике Кызыл-Эспе, и в Беркаринской волости в руднике Беркара и др.[6]. В Капур-Адыре, на левом берегу Сарык-Узена[7]. Всюду самородная медь находится в небольшом количестве, вместе с кислородными соединениями меди. В Мурджикских горах около Тобулгулы, в уроч. Кара-Соран[8], самородная медь встречается на плоскостях соприкосновения кварцитовой жилы, проходящей в диорите с кальцитом. Первичной медной рудой Каркаралинского у. является медный колчедан в кварцевых жилах и кварцитах, сверху давший начало разнообразным кислородным соединениям меди. Руды залегают среди кварцитов и песчаников. Некоторые из аналогичных месторождений находятся в *Павлодарскому.*, например самородная медь из Ак-Сары[9], около горы Сайтанды, близ р. Акпарча[10], в руднике Коктас у Джелтавского пикета[10], около уроч. Сарыбийк близ Коктаса[10].

В *Усть-Каменогорском у.*, на границе с *Семиреченской обл.*, по р. Карабуге, самородная медь встречена в кварцевой жиле с малахитом[11].

В *Тургайской обл.*, старинные разведки Гейнса (1814) указали на ее нахождение на Медной горе (Мыс-Тау), в порфире по р. Канчебулгану, притоку р. Кара-Тургая (были старинные «чудские» разработки), в баритовой жиле с азуритом, малахитом, куприитом и т. д.[12]

210. В *Средне-Азиатской России* нет значительных месторождений самородной меди. Она указана кое-где в верхних частях медных месторождений.

В *Семиреченской обл.*, в *Лепсинском у.*, в местности Абкет на южном склоне Тарбагатая, самородная медь наблюдалась в жилах в глинистом сланце[13]. По притоку р. Баканас — Тарнаку, к северу от оз. Балхаш, она известна в кварцевых и баритовых жилах[14]. О заявках на медь в Лепсинском у. см. Андреев, 1912, стр. 92. В *Джаркентском у.*, на южном склоне хр. Кетмен, по р. Чулак, самородная медь заполняет пустоты и

---

[1] «Горн. журн.», 1858, II, стр. 338; Гельмерсен, 1860, стр. 322 (рисунки); Abel, 1863, стр. 90 (содержит 0,03% Ag, 0,01% Bi, 1,28% As); Красовский, 1868.

[2] Романовский, 1903, стр. 39.

[3] Сборовский, 1896, стр. 29 — по Порецкому.

[4] Нефедьев, 1871, стр. 27. О Степановском руднике см. Сборовский, 1896, стр. 38.

[5] Коллекция Московского университета. От И. Н. Стрижова, 1894 г.

[6] И. Антипов, 1892, стр. 326 и сл.

[7] Коллекция Московского университета. Доставлена Н. Н. Тихоновичем в 1899 г

[8] Белоусов, 1884. стр. 341.

[9] Указана Нефедьевым (1871, стр. 27). На Ак-Сары в 1856—1861 гг. находился Гавриловский рудник (в Кызылтавских горах). См. Сборовский, 1896, стр. 120.

[10] Высоцкий, 1896, стр. 10. У Сайтанды был в 1850-х годах Царево-Александровский рудник. См. Сборовский, 1896, стр. 120.

[11] Татаринов, 1865, стр. 461.

[12] Левшин, 1832, стр. 174; Р. Герман, 1829, стр. 335 и сл.

[13] Мушкетов, 1878 (1), стр. 7.

[14] Татаринов, 1852, стр. 71 и сл.

миндалины амигдалофира. Занозистые и ветвистые сростки. Есть самородки до 1,6 кг. Жеоды и пустоты невелики [1].

В *Сыр-Дарьинской обл.*, в *Чимкентском у.*, в Джилыбулакской волости, в хр. Кара-Тау, в верховьях р. Арыстанды, в уроч. Батпак-Су, есть заявка на самородную медь [2]. В *Ташкентском у.* самородная медь встречается как продукт изменения халькозина в руднике Джур-Джурак, по р. Кок-Су (бассейн Сыр-Дарьи) — между хр. Брич-Мулла и горой Ахшаран-Тау [3].

В *Ферганской обл.*, в *Кокандском у.*, указана в осадочных отложениях; например, на берегу и на дне р. Сыр-Дарьи у Наукатской переправы, в 40 км от Коканда, самородная медь наблюдается в песчаниках неизвестного возраста. Она образует иногда большие конкреции, весом больше 1 кг, но главная масса руды состоит из мельчайших выделений самородной меди, быстро изменяющихся на воздухе. В пустыне, на поверхности песка, стяжения самородной меди резко выделяются в общей массе песчаных слоев. В них медь сосредоточивается в определенных стратиграфических слоях; анализ указывает следы Co и Ni. Медь является цементом. Сопровождается тончайшим порошком магнетита [4]. Медь найдена также в месторождениях Супе-Тау, Серак-Салахи, Хребтике и др. на берегу Сыр-Дарьи. Медьсодержащие пласты приурочены к южному крылу антиклинали. Число пластов велико, но по мощности они очень непостоянны и часто выклиниваются [5]. В верховьях Карабуга в Тарбагатае киргизы находили куски самородной меди до 50 кг [6]. Есть заявки на самородную медь в *Наманганском у.* вдоль Сыр-Дарьи, в *Ошском у.* — в Гульчинской волости [7], в *Маргеланском у.*— по Саук-Су, с золотом [8].

Бухара. Самородная медь указана в горах Дарваза, хребтах Петра Великого и Гиссарском [9].

211. В *Финляндии*, в *Выборгской губ.*, находится в окр. Импилакс, в Питкаранте [10].

В *Куопиоской губ.*, в приходе Иломантс около Мэнтиваара, наблюдались дендриты меди; встречается также около Ноттиваара (редко) [11], в приходе Пиэлис — в руднике Герайоки [12] и в руднике Юссиусо Ено (коллекция Гельсингфорсского университета. По указанию Боргстрёма).

В *Або-Бьернборгской губ.* как большая редкость встречалась в окр. Киско, в Ориерви. Здесь она наблюдалась в слюдистых сланцах с кальцитом, гётитом, кварцем; иногда покрыта кристаллами кварца [13].

212. Определение. Самородная медь резко выделяется уже по своему внешнему виду. Цвет ее сильно колеблется от какого-то изменения ее поверхности; обычно он желтоватый (иногда бронзовый —§ 206), бурый, красноватый. Металлический блеск. Излом занозистый. Очень ковка.

---

[1] Вебер, 1917, стр. 72.
[2] Андреев, 1912, стр. 54.
[3] Вебер, 1913, стр. 75.
[4] R. Beck, 1903; Bess, 1907; Богданович, 1912, стр. 334 и сл.; 1917, стр. 122 и сл.; В. Вебер, 1913, стр. 13, 40.
[5] Вебер, 1913, стр. 119; 1917, стр. 43 и сл.; Demaret, 1900.
[6] Богданович, 1917, стр. 128.
[7] Андреев, 1912, стр. 80 и 86.
[8] Ошанин, 1880.
[9] Лагофет, 1911.
[10] Holmberg, 1856, стр. 62. В сильно измененном салитовом «скарне» встречены ее пластинки и кристаллы. См. Trüstedt, 1907, стр. 326.
[11] Holmberg, 1857 (2), стр. 54—55; 1857 (1), стр. 45.
[12] Wiik, 1887, стр. 9 (вероятно, образовалась из халькопирита).
[13] Д. Соколов, 1838, стр. 110; A. Nordenskiöld, 1863, стр. 5.

Твердость 2,5—3. Уд. вес 8,8—8,9. Очень часто встречаются пластинки и дендриты. Простые многогранники и двойники срастания более редки.

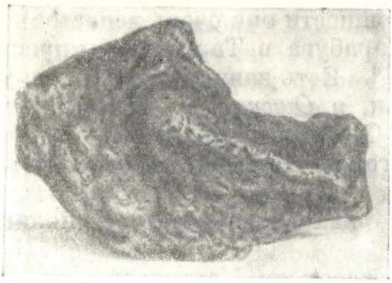
Легко плавится перед паяльной трубкой. Королек на угле при сильном нагревании становится серовато-синим и покрывается налетом черной окиси меди. Легко растворима в разведенной HNO_3, с выделением окислов азота. Растворима в царской водке (переходит в $CuCl_2$) и HCl (дает CuCl).

Свинец

Самородный свинец

213. Химический состав и физические свойства. Самородный свинец, существование которого в природе долгое время подвергалось сомнению[1], в россыпях является нередким спутником золота.

Полных анализов самородного свинца почти нет; судя по отдельным пробам, можно видеть, что он в россыпях едва ли является чистым, содержа главным образом серу[2], иногда Au[2], Ag[3] или Sb[4]. Свинец из Воскресенской россыпи в Томской тайге заключал Ir[5]. Самородный свинец, встреченный в коренных месторождениях, химически почти чист[6].



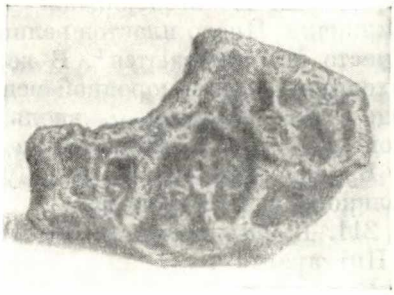


Рис. 78 и 79. Самородок свинца из верховьев р. Песчанки в Богословском окр. на Урале.

Доставлен В. Г. Орловским. Коллекция Московского университета. Сфотографировано с противоположных сторон. 1/1

Он очень редко бывает в кристаллах, принадлежащих к голоэдрии правильной системы ($3L^4\,4L^3\,6L^2\,9Pc$); одним из немногих природных месторождений кристаллов является выделение самородного свинца в Вермланде в Швеции, где в полиэдрах его преобладает форма {111}, реже {110}. Большей частью он находится в пластинках, шариках («дробь»), небольших комках, самородках (рис. 78 и 79), тонких нитях. Строение его самородков не изучено. Иногда они срастаются с самород-

---

[1] Nöggerath, 1854, стр. 679; 1861, стр. 133; C. Hintze, I, 1898, стр. 333—334.

[2] М. Карпинский, 1840 (2), стр. 228—229; Park, 1903, стр. 404; Genth, 1871, стр. 444.

[3] Гурьев, 1830, стр. 168 и сл.; 1878, стр. 116 (в песках р. Кашкар-Чай, Елисаветпольской губ.); Park, 1903.

[4] «Горн. журн.», 1839, II, стр. 205; L. Baur, 1905, стр. 70 — для Кореи. Свинец из новозеландских россыпей не заключал сурьмы — Park, 1903.

[5] Пранг и Ярославцев, 1864, стр. 93, 94. Этот свинец заключал «осмистый иридий», на счет которого, вероятно, надо отнести содержание иридия.

[6] Nöggerath, 1854, стр. 675 (проба Раммельсберга); J. Roth, 1879, стр. 250—251; Hamberg, 1888; Tamm, 1869.

ным золотом (Юкон, Корея и т. д.)[1]. Повидимому, очень большие куски его не встречались. Вероятно, наибольшие его скопления наблюдались в Сомелагуакане в Мексике, где Майерус видел пластины в 8 см длины и 2 см толщины[2].

214. Нахождение в земной коре. Самородный свинец встречается в двух резко различных типах месторождений — частью в рыхлых осадочных отложениях, частью в верхних частях жильных месторождений.

Наиболее обычно нахождение его в россыпях вместе с самородными железом, золотом, платиной и т. д.[3] Такой свинец довольно част в россыпях Урала[4], где он впервые был найден Шленевым и в литературе указан Мамышевым и Щегловым[5] в Невьянских россыпях (с золотом и платиной) и в Мельковской золотоносной россыпи около Екатеринбурга. Он обычен в Северной Америке[6], в Ала-Тау в Западной Сибири[7], в Южной Америке[8], Корее (иногда в довольно большом количестве)[9] и т. д. В россыпях Парапара — в графстве Коллингууд в Новой Зеландии его больше, чем золота[10].

Частое нахождение в россыпях свинца, при редкости его коренных месторождений, в связи с оригинальной формой его выделений, часто напоминающей дробинки, нахождение его во многих россыпях действительной дроби давно вызвало попытки объяснить весь свинец, находимый в россыпях, как остаток человеческой индустрии. Нет сомнения, что такое объяснение часто неправильно; против этого говорит состав свинца россыпей, его срастание с самородным золотом, нахождение его в диких, некультурных местностях и т. д.

Но признание за таким свинцом природного характера вызывает только новые вопросы, далеко не решенные. Дело в том, что в россыпях он находится значительно чаще, чем в коренных месторождениях, и в условиях, необъяснимых известными нам типами коренных месторождений самородного свинца. Приходится допустить образование самородного свинца в россыпях. Он может выделяться здесь из галенита — PbS — частью природными процессами, частью при искусственной разработке россыпей человеком[11]. Так, например, в некоторых северных местностях зимою россыпи разогреваются дровами для таяния льда. При таком разогревании свинцовый блеск легко может восстановиться, давать свинец, который будет выделяться в каплях, напоминающих дробинки. Конечно, это объяснение неприложимо к диким, нетронутым россыпям южных широт. Здесь приходится допустить восстанов-

---

[1] L. Baur, 1905, стр. 70; G. Hoffmann, 1906, стр. 13. Ср. в Новой Зеландии — Skey, 1888, стр. 368.

[2] Nöggerath, 1854, стр. 674. Вёлер (Wöhler, 1856, стр. 127) подтвердил указание Нёггерата о нахождении свинца в руднике Сан-Твильермо в Мексике: химически чистый свинец в виде пластин и отдельных частичек в зернистом галените.

[3] Для Березовска установлен следующий парагенезис, насколько он виден из состава минералов россыпи: золото, галенит, кварц, пластинки свинца — Еремеев, 1887 (1).

[4] М. Карпинский, 1840 (2), стр. 228; Щуровский, 1841, стр. 305; Еремеев, 1887 (1), стр. 271.

[5] Н. Мамышев, 1827, стр. 27; Щеглов, 1827, стр. 514. Щеглов указывает, что еще раньше него свинец наблюдал Шленев.

[6] Например, в Монтане — Genth, 1871, стр. 443.

[7] Еремеев, 1887 (1), стр. 271.

[8] Bodenbender, 1903, стр. 375.

[9] L. Baur, 1905.

[10] Park, 1903.

[11] «Горн. журн.», 1839, II, стр. 205; L. Baur, 1905.

ление свинца природными процессами, может быть в связи с жизнедеятельностью организмов, или травяными и лесными пожарами, столь обычными даже в естественных условиях этих местностей. Как бы то ни было, тот или иной генезис свинца в самих россыпях весьма вероятен[1].

В коренных месторождениях самородный свинец выделяется при исключительных условиях, при распадении свинцовых соединений. Таково знаменитое месторождение его в железных и марганцовых рудниках Вермланда в Швеции; здесь он, повидимому, выделился распадением редких хлормышьяковых соединений свинца (эждемита и др.) и находится в кальците, доломите, гауссманите. В Лонгбане он произошел разложением водных растворов $PbCO_3$ водами, содержащими гумусовые тела, и выпал по вторичным трещинам[2]. Точно так же, повидимому путем распадения PbS, смешанного с Pb_2S (?), выделился самородный свинец в жилах галенита около Сомелагуакан в штате Веракрус в Мексике[3]. Здесь жилы галенита проходят в метаморфическом известняке, причем самородный свинец находится в тесной смеси с галенитом и массикотитом (PbO). Оба эти тела выделились не в самой поверхностной части жилы, а на некоторой глубине. Вероятно аналогично мало изученное месторождение самородного свинца в Уанкавелике в Перу, где он находится в верхних частях с кальцитом, галенитом и церусситом[4]. Таким образом, самородный свинец образуется, как побочный продукт разложения свинцовых соединений, в исключительных обстоятельствах; при обычном распадении их он не выделяется. Мелкие зерна самородного свинца наблюдались в базальтовом туфе Раутенберга в Моравии[5]. Любопытно наблюдение Яворовского (1900 (1), стр. 17), что при промывке гранитного щебня и дресвы архейского гранита в бассейне рек Иликана и Брянты попадались тонкие чешуйки самородного свинца.

215. Самородный свинец в России. Месторождения этого тела в России довольно обычны, однако в россыпях он считается большей частью искусственным продуктом, и его нахождение не отмечается.

В *Европейской России* самородный свинец указывался в *Архангельской губ.*, в *Кемском у.*, в Воицком руднике (редко)[6].

Очень сомнительны старинные указания для *Польши*[7].

Главные его находки были сделаны в золотоносных россыпях — на *Урале* (см. § 153, 214), наиболее часто в *Екатеринбургском окр.*, около Березовска[8], в *Невьянском окр.* В *Богословском окр.* встречен в золотоносном Леонтьевском руднике, зернами до 1,4 г[9]. Не меньшие куски находились в золотоносных россыпях в верховьях р. Песчанки (приток р. Каньи)[10] (см. рис. 78 и 79). Найден в золотоносном шлихе в Коптяковском руднике[11]. В Шалдинской россыпи около Крестовоздвиженского завода

---

[1] М. Карпинский, 1840 (2), стр. 228—229; Park, 1903.

[2] Tiberg, 1903, стр. 25.

[3] Nöggerath, 1854, стр. 674; Breithaupt, 1856, стр. 114; Stein, 1856, стр. 127.

[4] Указано точным работником Плюккером. Об этом месторождении см. Domeyko, 1897, стр. 318; Raimondi, 1878, стр. 146. О Плюккере см. Domeyko, 1897, стр. XVI—XVII.

[5] Reichenbach, 1859 (2), стр. 53.

[6] Лопатинский, 1826, стр. 76.

[7] J. G. Wallerius, 1778, стр. 301. По указанию каталога Рихтера (1719). Ср. Hauy, 1822, III, стр. 335.

[8] М. Карпинский, 1840 (2), стр. 228—229.

[9] «Горн. журн.», 1835, IV, стр. 43; 1839, II, стр. 205.

[10] Коллекция Московского университета. Доставлен В. Г. Орловским.

[11] Щеглов, 1827.

найден с золотом и платиной[1]. Очень оригинальное месторождение было описано из *Ильменских гор* (восточная часть Ильменского озера) — в сиените вместе с эгирин-авгитом, полевым шпатом, сфеном, цирконом и т. д.[2]

На *Кавказе*, в *Елисаветпольской губ.*, в *Елисаветпольском у.*, самородный свинец указан в россыпях по р. Кашкар-Чаю[3]. В *Казахском у.* встречен в россыпях по р. Акстафе; снаружи он перешел в церуссит[4].

В *Сибири* самородный свинец изредка встречался в *Томской губ.*, в *Ала-Тау*, по р. Уру, в золотоносных россыпях[5]. В 70 км от Ала-Тау, в Томиловской россыпи (система Бельсинских россыпей), он наблюдался с галенитом, гематитом, магнетитом. В свинцовых кусочках и дробинках (до 4,26 г весом) нередко удавалось находить запутанные зерна золота[6]. На *Алтае* найден в коренном месторождении в Зыряновском руднике[7]. Указан в Егорьевской россыпи; в Воскресенской встречен с осмистым иридием (§ 96)[8].

В *Енисейской губ.* встречен в золотоносных россыпях по р. Мамону, впадающей в р. Удерей[9].

В *Забайкальской обл.* самородный свинец найден в *Нерчинском у.* пади Листвянке (коллекция Академии Наук).

В *Амурской обл.* в районе Уньи, самородный свинец встречен на Иовском прииске; заключает дендриты золота[10]. Найден также в бассейне рек Брянты и Иликана[11].

В *Якутской обл.* указан в Нахтуйских золотоносных россыпях[12].

В *Степной* и *Средне-Азиатской России*. В *Семипалатинской обл.*, в *Каркаралинском у.*, свинец найден в коренном месторождении в уроч. Беркаре, в рудниках Попова (Богословские), в роговике[13].

216. Изменение самородного свинца. Труд человека. Самородный свинец на земной поверхности является непрочным, быстро исчезающим продуктом. Он переходит в другие свинцовые соединения, частью растворимые в воде, в виде которых уносится водами, частью, перейдя в соединения нерастворимые, остается на месте. Так, он переходит в сурик, свинцовые охры, церуссит. Повидимому, он непрочен и в метаморфической области земной коры. На это указывает переход его в массикотит в мексиканских месторождениях (§ 214).

Реакция изменения свинца приобретает в земной коре особое значение благодаря труду человека.

---

[1] Zerrenner, 1852, стр. 207.
[2] Воробьев, 1915.
[3] Гурьев, 1878, стр. 116.
[4] Иваницкий, 1853, стр. 120.
[5] Соколовский, 1834.
[6] «Горн. журн.», 1854, II, стр. 345.
[7] Самородный свинец образует пластинку в зальбанде жилы. Коллекция Томского технологического института, 1907 г. О самородном свинце Алтая см. Пилипенко, 1915, стр. 346. Любопытно, что в Национальном музее в Вене находится самородный свинец в породе «из Сибири»; образец поступил из старинного собрания начала XIX века, свинец образует круглые включения в разрушенной породе. Поступил в 1818 г. через Голицына (по указанию проф. Берверта).
[8] Есть старинные указания — XVIII века — о нахождении свинца в плавике из Адун-Челона (Nöggerath, 1854, стр. 688). Это, повидимому, было какое-то другое металлическое тело.— Ср. § 230. Просмотр старинных плавиков Сибири из коллекций Московского университета и Академии Наук не дал мне никаких указаний. Было бы интересно исследовать коллекцию Горного института.
[9] «Verhandl. Min. Ges.», 1857—1858, стр. 161.
[10] Ячевский, 1909, стр. 68 (по указанию П. Риппаса и пробе Б. Карпова).
[11] Яворовский, 1900 (1), стр. 17.
[12] Траутшольд, 1876, стр. 636.
[13] «Горн. журн.», 1858, II, стр. 190.

Количество природного самородного свинца очень невелико, и он, кажется, никогда не являлся рудой и не добывался человеком. Несомненно, труд человека является в настоящее время таким могущественным источником накопления металлического свинца в земной коре, перед которым меркнет значение чисто природного процесса. Вероятно, теперь в год человек добывает больше свинца, чем сколько его было образовано природными процессами в течение веков. В год добывает человек около 1 млн. т металлического свинца, главным образом выделяя его из галенита, частью — из окисленных свинцовых минералов коры выветривания.

Часть свинца идет сейчас же в сплавы и теряется более или менее быстро при их изменении. Но большая часть его идет на изделия в более чистом состоянии. Однако этот свинец не сохраняется — он быстро окисляется, поглощает вновь кислород. Бессознательно человек совершает этим путем огромную работу химического характера. Как быстро исчезает свинец видно, например, из того, насколько мало осталось его от первых веков нашего летоисчисления, когда, по крайней мере в культурной области Римской империи, свинец в житейской технике играл ту же роль, какую теперь играет железо.

217. Определение. Самородный свинец дает все химические реакции на свинец, как сухим, так и мокрым путем.

Обычно он встречается в шариках, пластинках. Очень ковок и мягок. Металлический блеск виден только на свежих разрезах. Режется ножом. Твердость 1. Уд. вес 11,37.

В HCl и H_2SO_4 нерастворим вследствие образования труднорастворимых свинцовых солей. В HNO_3 (разведенной) растворим. Легко плавится (334°) и дает на угле желтый и, позднее, белый налет (окись свинца и $PbCO_3$).

Олово

Самородное олово

218. Химический состав и физические свойства. Самородное олово изучено еще менее самородного свинца. Долгое время сомневались в существовании в природе и этого тела[1], подобно тому, как это указано было для самородного свинца (§ 213).

Обычная разность олова, встречающаяся в природе, кристаллизуется в квадратной системе $[(L^4 4 L^2 5 Pc)]$ $(a : c = 1 : 0{,}3857)$[2]; многогранники его в природе никогда не встречались. Обыкновенно оно выделяется в виде пластинок и зернышек.

Химический состав его большей частью чистое Sn, но оно заключает, кажется часто, небольшую примесь Pb.

219. Нахождение в природе. Труд человека. До сих пор коренные месторождения самородного олова не найдены, и оно известно исключительно в р о с с ы п я х: 1) богатых золотом, платиной или 2) содержащих оловянный камень (в Африке, в Северной Нигерии). Встречались зернышки олова, сросшегося с золотом, что указывает на общее их происхождение.

Условия нахождения самородного олова исключительно в россыпях вызывают для него те же вопросы и те же сомнения, какие указаны для

[1] C. H i n t z e, I, 1898, стр. 340 и сл.

[2] Измерения Миллера. См. W. P h i l l i p s, 1852, стр. 127. [По рентгеновским данным $a_0 = 5{,}82$, $c_0 = 3{,}18$Å; $a_0 : c_0 = 1 : 0{,}546$]. Указанная Тречменом ромбическая модификация оказалась сульфидом олова (S p e n c e r, 1921).

самородного свинца (§ 214). Очень легко смешать его с оловом, попавшим в россыпи благодаря техническим работам человека. Но нельзя так объяснять все случаи его местонахождений, такому взгляду противоречит широкое распространение олова, нередко в диких, малокультурных местностях, в россыпях, куда не могли проникнуть изделия человека[1]. Самородное олово наблюдалось в россыпях Мексики, Гвианы, Сибири и т. д. В Австралии оно наблюдалось в морских россыпях[2].

Условия генезиса самородного олова неясны. Почти несомненно, оно отчасти происходит разложением оловянного камня. Но процесс его образования неизвестен, так как окись олова очень прочна в природных условиях. Возможно, впрочем, что оно образуется при высокой температуре, легко восстановляющей оловянный камень, например при обычных торфяных пожарах[3].

Изменения самородного олова неясны. Оно покрывается пленкой окиси олова, предохраняющей его от дальнейшего изменения.

Таким образом, мы имеем здесь указание на реакцию типа:

$$Sn + O_2 \rightleftarrows SnO_2,$$

заслуживающую изучения. В природных условиях левая часть уравнения имеет место лишь в исключительных случаях.

Но в последние века в природе появился агент, совершающий обе эти реакции в огромных размерах. Агентом этим является труд человека.

Подобно самородным свинцу (§ 216) и цинку (§ 224), и самородное олово не играет в земной коре сколько-нибудь видной роли. Количество металлического олова, добываемого человеком, значительно превосходит все то его количество, какое образовано в земной коре вековыми земными процессами. Очень вероятно даже, что годовая его добыча человеком (около 100 тыс. т) превышает вековые природные запасы.

Человек получает олово главным образом из оловянного камня и этим путем производит огромную химическую работу восстановления. Восстановление SnO_2 идет очень легко при высокой температуре, в присутствии органических веществ, являясь одним из простейших металлургических процессов, почему и было открыто на заре культурной истории человечества. Часть олова уже издревле сплавлялась с медью, давая бронзу, часть шла в изделия в более или менее чистом виде. Однако как в чистом виде, так и в сплавах олово может сохраняться на земной поверхности лишь благодаря труду и охране человека. Постепенно оно переходит вновь в SnO_2, т. е. возвращается в устойчивую форму природного соединения. Природа восстанавливает нарушенное человеком равновесие. К истории олова: как будто уже в швейцарских свайных постройках встречалось олово. В Египте при XVIII династии привозилось олово[4].

220. Нахождение в России. Как указано раньше, нигде самородное олово не наблюдается в заметных количествах.

---

[1] До какой степени здесь господствует излишний скептицизм, видно, например, из рассуждений Гаскюеля. Он допускает образование олова в россыпях Мадагаскара из коробок, употребляемых для хранения консервов (Gascuel, 1906, стр. 93), забывая многочисленные его месторождения, открытые много раньше, чем были изобретены консервы!

[2] Pittmann, 1901 (1), стр. 78.

[3] Gascuel, 1906. Надо выяснить о нахождении Sn в корнваллийских месторождениях. См. Borlase, 1766, стр. 35, 305; 1769, стр. 47. Ср. T. Thomson, 1812, стр. 185.

[4] Wells, 1921, стр. 80.

На *Урале* оно находится в золотоносных россыпях в пределах *Пермской* и *Оренбургской губ.* (§ 153). В Южно-Уральских и Миасских золотоносных россыпях[1] оно совсем не составляет редкости, но обычно считается привнесенным в них человеком. В окрестностях Миасского завода оно встречается вместе с осмистым иридием; иногда срастается с золотом и содержит свинец (Р. Герман)[1].

В *Сибири*, в *Томской губ.*, самородное олово наблюдалось на *Алтае*, в Пейзасской россыпи на р. Пейзасе (приток Нижней Терси). В *Кузнецком у.* встречалось в россыпях с золотом (иногда примазки на золоте)[2], в Царево-Николаевском промысле по притокам р. Ортона, бассейн р. Мрас-Су (Пранг и Ярославцев)[2], и по р. Каучаку системы р. Бии[3] указано вместе с золотом. В *Мариинском у.* встречалось в Московском золотом промысле с платиной[4].

221. Определение. Самородное олово дает все химические реакции, мокрым и сухим путем, на олово. Обычно имеет металлический вид, светлосерого цвета. Очень легкоплавко (плавится в пламени свечи — уже при 230°). Очень ковко. Твердость 2. Уд. вес 6,97—7,37.

Легко растворимо в HCl. Нерастворимо в HNO_3, так как быстро покрывается белой пленкой SnO_2, нерастворимой в кислоте.

Цинк

Самородный цинк

222. Самородный цинк был случайно найден в Австралии, в базальтовых каменоломнях около Мельбурна, и находки эти сперва возбудили сомнения. Однако, повидимому, мы имеем здесь случай несомненного природного образования этого металла. Этот цинк заключал в изоморфной подмеси к а д м и й, количество которого доходило до 1%[5]. К сожалению, полного химического исследования природного цинка произведено не было.

Природный цинк не встречен до сих пор в кристаллических многогранниках[6]; он наблюдался в сплошных и зернистых массах ясно кристаллического сложения. Цинк кристаллизуется в г е к с а г о н а л ь н о й с и с т е м е, дигексагонально-дипирамидальном классе — классе $\lambda^6 L^2 c 7 P$, с отношением осей $a : c = 1 : 1{,}3564$ (Уильямс и Бертон).

223. Нахождение в природе. Самородный цинк встречен как в коренных, так и во вторичных месторождениях; он всюду редок, и генезис его неясен. Повидимому, он образуется в исключительных случаях, в восстановительной среде, в массивных породах. Так, он встречен в б а з а л ь т а х из Брунсвика, около Мельбурна в Виктории[7]. Здесь он был

---

[1] П е ш к е, 1837, стр. 434 (коллекция К. Червина); Р. Г е р м а н, 1844, стр. 876; Е р е м е е в, 1887 (1), стр. 272.

[2] Е р е м е е в, 1887 (1); П р а н г и Я р о с л а в ц е в, 1861, стр. 332, 335.

[3] Н. К у л и б и н, 1867, стр. 419.

[4] Коллекция Томского университета (по указанию П. Пилипенко).

[5] S e l w y n a. U l r i c h, 1866, стр. 46.

[6] Об искусственных см. G r o t h, 1906, стр. 9. [По рентгеновским данным $a_0 = 2{,}659$; $c_0 = 4{,}935$; $a_0 : c_0 = 1 : 1{,}856$]. О полиморфизме цинка (α-Zn ниже 170°, β-Zn между 170—340°, γ-Zn — между 330—419°) см. B e n e d i c k s, 1910 (1), стр. 7.

[7] L. B e c k e r, 1857, стр. 312—699. Беккер нашел его в 1856 г. P h i p s o n, 1862, стр. 218; S e l w y n a. U l r i c h, 1866.

всегда покрыт коркой продуктов изменения, главным образом карбонатов, может быть окиси цинка.

Самородный цинк указан также в Северной Америке[1] и в золотоносных россыпях Австралии[2] и Новой Зеландии[3].

Все эти находки заслуживают серьезного внимания. Возможность образования самородного цинка в базальтах вполне допустима, раз только в них находились кислородные или сернистые соединения цинка. Как известно, цинк обычно находится в массивных породах[4]. При значительном давлении металлический цинк мог собраться сублимацией в некоторых участках массивной породы и не перейти в продукты окисления. Как известно, в основных породах, очевидно при аналогичных условиях, мы встречаем и другие самородные металлы — железо-никель (§ 50), платину (§ 77), медь (§ 196), золото (§ 113), серебро. В то же самое время при обычных петрографических методах исследования базальтов самородный цинк, в них находящийся, легко может быть не замечен. Поэтому едва ли можно делать какие-нибудь выводы из отсутствия указаний на цинк в петрографической литературе.

224. Труд человека. Немногие находки самородного цинка, быстро исчезающего и переходящего — при разрушении базальтов — в кислородные соединения, главным образом в галмей, являются ничтожными скоплениями этого металла в земной коре по сравнению с теми его массами, которые добываются человеком, главным образом из природных сернистых и кислородных соединений цинка.

В год человек добывает металлического цинка больше, чем может скопиться его за долгий период времени природными процессами. Но этот цинк быстро окисляется и может сохраняться в металлическом состоянии только при постоянном привносе энергии.

При добыче цинка приблизительно столько же его рассеивается (в виде соединений?), сколько добывается. Часть его теряется при приготовлении латуни, т. е. он теряется металлическим (6—10% цинка, который берется для сплава)[5].

Нельзя не отметить, что образование металлического цинка человеком на земной поверхности есть новый процесс[6]. Повидимому, в сплавах с медью (латунь) его знали в эллинистическом и римском культурном мире еще в первом веке до н. э.; может быть, через Персию он проникал еще раньше в древнюю Грецию. Цинк в римских монетах[7] появляется незадолго до христианской эры и исчезает во втором столетии, заменяясь серебром. В древней Индии латунь была известна извека доарийским племенам, ее населявшим[8]. Сплав этот получался при обработке руд, заключавших одновременно цинк и медь, или при прибавлении

---

[1] Willard, 1905, стр. 63.
[2] L. Becker, 1857, стр. 699.
[3] Park, 1892, стр. 384.
[4] Ср. F. Clarke, 1908, стр. 543.
[5] Parsons, 1912; Bosset, 1912.
[6] Об истории цинка см. Zippe, 1857, стр. 237; Rössing, 1901, стр. 254; B. Neumann, 1904, стр. 284 и сл.; Hommel, 1912 (1), стр. 905; 1912 (2), стр. 1185; 1912, (3), стр. 97 и сл. О латуни и ее истории см. Diergart u. Neumann, 1901, стр. 1297; 1902; 1903; Diergart, 1903 (2); 1905, стр. 150; Strunz, 1904, стр. 131; 1906, стр. 52 и сл.
[7] Количество цинка в римских монетах доходило до 17,8% (Phillips, 1852, стр. 252), а в китайских — до 35,05% (Ginth, 1858, стр. 261). Цинк в Китае см. «Science», 8, 1923, стр. 233.
[8] Oppert, 1909, стр. 127 и сл.

галмея к медным рудам. Возможно, что были давно известны и другие сплавы цинка[1].

Однако и латунь получила значение в Европе только в XV или XVI веке нашего летоисчисления, когда началась для нее усиленная разработка кислородных цинковых руд и когда сильно поднялась металлургическая и техническая культура европейских стран. В это время уже отдельные ученые в Европе знали металлический цинк и Парацельс первый ясно и точно о нем упоминает[2].

Гораздо раньше цинк стал известен на Дальнем Востоке — в Ост-Индии и, вероятно, в Китае. Есть указания, что в Китае цинк был известен, по крайней мере, в XII столетии н. э. и в это время уже был обычен. Казвини описывает цинк или его сплавы[3] как китайский камень или китайское железо. В то же время китайское название цинка позволяет думать о заимствовании его из персидского, но вернее санскритского языка[4]. В XIV столетии в Индии цинк уже давно был известен как один из семи металлов. Его получение должно быть, таким образом, отодвинуто на несколько столетий раньше, но неизвестно, в какую именно эпоху[5]. К сожалению, история металлов в культурных округах Востока не написана.

С Дальнего Востока он был привезен в Европу в самом конце XVI века и был описан Либавием (1606) как «индейское олово». Он был привозим с тех пор не раз с Дальнего Востока. В XVII столетии его начали добывать на Гарце. Добыча шла медленно, и еще до конца XVIII столетия его ввозили в Европу из Азии; лишь с 1815 г. началось обратное течение, а с середины XIX века добыча цинка в Европе и Америке получила мировое значение, далеко отодвинула вековую добычу азиатских народов. В это время уже на видное место стала разработка и сернистых руд[6].

225. Определение. Самородный цинк дает все реакции на цинк. Твердость 2. Уд. вес 6,9—7,2. Очень хрупок. Легко плавится (420°). На воздухе горит синим пламенем, выделяя дым ZnO. На угле дает налет, который принимает зеленый цвет от смачивания $Co(NO_3)_2$. Характерна микрохимическая реакция с Na_2CO_3 — тетраэдрические кристаллы двойной соли.

Висмут

Самородный висмут

226. Химический состав и физические свойства. Несмотря на то, что самородный висмут является, вероятно, наиболее обычным источником

[1] Diergart, 1902, стр. 340; 1903 (3), стр. 326—429.

[2] Неясные упоминания есть у Диоскорида, может быть, относимые не к цинку. См. F. Höfer, 1866, стр. 132; H. Kopp, 1847, стр. 116. О первом точном упоминании у Парацельса см. уже Gmelin, 1797, стр. 214—215.

[3] См. выдержки из Казвини, переведенные Де Шези, и примечания у Sacy, 1827, стр. 390, 452. В примечаниях (стр. 453 и сл.) Саси дает выдержки и из других арабских писателей. Ср. также Garbe, 1882, стр. 38 (латунь).

[4] Sacy, 1827, стр. 464; Ray, 1902, стр. 86, 87; Oppert, 1909, стр. 132 и сл.

[5] Странны древние находки в дакийских могилах в Трансильвании изделий из сплавов Zn + Pb с 87,5% Zn (B. Neumann, 1904, стр. 292). Ср. возражения достоверности находки у Kahlbaum, 1904, стр. 76. Данные языка исключают вероятность раннего знакомства с латунью и цинком для языков семитских и хамитских — см. Diergart, 1905, стр. 151. Работа Опперта (Oppert, 1909) едва ли оставляет сомнения в древнем знакомстве индейских племен с латунью и цинком. См., впрочем, некоторые сомнения у Diergart u. Neumann, 1901, стр. 1299; Diergart, 1903 (1), стр. 156.

[6] Karmarsch, 1872, стр. 276—278.

висмутовых препаратов, мы почти не имеем химических анализов этого тела. Приводим анализы висмута: 1 — из Кобальта в Онтарио (анализ Миллера в работе Johnston, 1915, стр. 42), 2 — неправильные зерна и обломки из Меймака, Франция (Carnot, 1874 (2), стр. 477; 1874 (1), стр. 463).

	Bi	Pb	Te	Sb	As	S	Co	Ni	Ag	Сумма
1.	99,20	—	0,40	—	—	—	Ясные следы	Следы	—	99,60
2.	99,00	0,41	0,10	0,15	0,09	0,06	—	—	—	99,81

Анализы, приведенные у Гинтце, очень неполны. Анализы самородного висмута, более или менее однородного, дают указания на почти химически чистый висмут. Из примесей наиболее обычен теллур. Может быть, он происходит от механической подмеси теллуристых соединений висмута (тетрадимита и т. д.), хотя в некоторых случаях присутствие последних в таком, содержащем теллур, висмуте не доказано[1]. Есть указание на частое нахождение мышьяка[2]. В висмуте обнаружены таллий[3] и гелий[4].

227. Висмут кристаллизуется в строении $\lambda^3 3L^2 c 3P$ тригональной системы, с отношением осей $a : c = 1 : 1{,}3036$ (Розе). По Оггу и Джемсу размер ребра элементарного ромбоэдра 6,52—6,56 Å, по Гасселю и Марку — $a_{rh} = 4{,}736$, $\alpha = 57°16'$[5]. Структура как у сурьмы. Кристаллические природные многогранники очень редки[6]. Отношение осей установлено на искусственно полученном материале. Различают две разности висмута — α и β; переход разности α в β происходит при обычном давлении, при температуре 75°C[7]. Предполагают, что висмут при истирании переходит в β-разность с удельным весом 9.70[8]. Обычные при искусственном получении кристаллов висмута (из сплава) двойники по $\{01\bar{1}2\}$ в природе не наблюдались.

Лучшие кристаллы самородного висмута известны из рудников Боталак в Корнваллисе, Чиллагое в Квинсленде — в Австралии, и в Сагарнага в Боливии. Но и в этих многогранниках плоскости развиты плохо, кристаллы являются в форме острых ромбоэдров — главным образом $\{02\bar{2}1\}$. Гораздо чаще самородный висмут дает параллельные сростки (двойниковая ось — L^2) в виде пластинок перистого строения. Это так называемый перистый висмут старинных минералогов (рис. 80). Для природного висмута обычны плотные и зернистые массы, не обладающие двойниковым строением. Нельзя еще раз не подчеркнуть резкого различия не только в комбинациях полиэдров, но и в форме кристаллизации для природного и искусственного висмута.

Большие самородки висмута редки, хотя в Тасмании попадались куски его весом более 16 кг[9].

---

[1] Например, в горе Тейлор в Виктории (Walcott, 1901, стр. 256).
[2] Bischof, 1854, стр. 2074.
[3] Вернадский, 1910, стр. 1139.
[4] Bordas, 1908, стр. 898.
[5] Ogg, 1921; James, 1921; Hassel a. Mark, 1924.
[6] О кристаллизации висмута см. Haidinger, 1848, стр. 624. [Для гексагональных осей: $a_0 = 4{,}55$, $c_0 = 11{,}85$; $a_0 : c_0 = 1 : 2{,}607$ (по Розе $a : c = 1 : 1{,}3036$)]. G. Rose, 1851, стр. 73 и сл.; Retgers, 1892; Heberdey, 1895, стр. 264; Groth, 1906, стр. 23.
[7] Cohen u. Moesveld, 1913, стр. 656.
[8] Würschmidt, 1915, стр. 326.
[9] В россыпи около Уэлдборо встречены куски висмута весом в 22 кг (Petterd, 1902; 1910).

Из физических свойств висмута характерны его магнитные свойства (сильный диамагнетизм), но на природном висмуте они не исследованы.

228. Нахождение в природе. Самородный висмут находится в коренных месторождениях, связанных с кислыми магмами. В отличие от металлов, до сих пор нами изученных, он едва ли когда-либо образуется распадением других соединений висмута. Повидимому, в природе все эти соединения, вместе взятые, встречаются реже самородного висмута, который к тому же большей частью образуется другим путем. Нельзя, однако, отрицать такое происхождение в некоторых исключительных случаях, так как очень часто самородный висмут находится совместно с висмутовым блеском. Так, он найден, как редкость, в контактовых месторождениях висмутового блеска в окрестностях Христиании в Норвегии. По мнению Гольдшмидта[1], иногда не может быть сомнений в его происхождении из висмутового блеска. Он наблюдается морфологически одинаково (в виде розеток в андрадите).

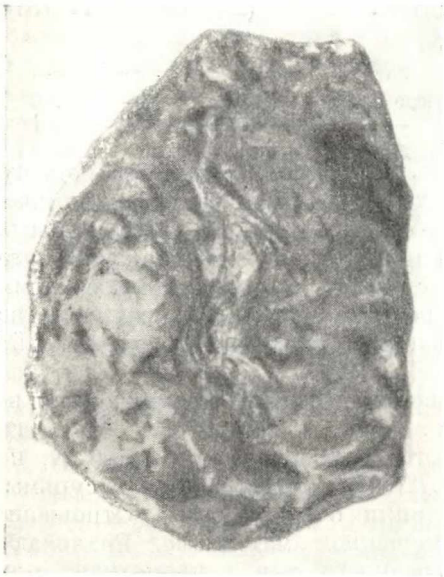


Рис. 80. Самородный висмут из окрестностей Шнееберга в Саксонии.

Коллекция Московского университета. Фото Н. Е. Вернадской

Более изучены месторождения, где висмут — так или иначе — выделяется сразу, непосредственно в самородном состоянии. Можно различить два типа таких месторождений[2]. Во-первых, самородный висмут является одним из спутников оловянного камня и вольфрамита, во-вторых, он образуется в кварцевых жилах, в связи с соединениями кобальта и серебра.

В первом типе месторождений самородный висмут всегда находится, так или иначе, в связи с гранитными массивами, большей частью в штокверках. При этом он иногда является непосредственно в породе, например в роговообманковой породе на контакте гранита и диорита на горе Рамзай в Тасмании; здесь он выделился вместе с плавиковым шпатом, шеелитом, пирротином, халькопиритом и аксинитом[3].

Иногда он концентрируется в кварцевых жилах (и штокверках), богатых касситеритом, молибденитом и т. п. Таков, например, висмут из Альтенберга в Саксонии, Меймака во Франции и т. д. К этому типу висмутовых месторождений принадлежит единственное более известное, незначительное нахождение его в России — в Забайкальской обл., около Адун-Челона, где он находится с бериллом, топазом, вольфрамитом и т. д. (§ 230).

229. Однако самые богатые скопления самородного висмута наблюдаются в особом типе жильных месторождений — в жильных полях, тесно

[1] Goldschmidt, 1911, стр. 232.
[2] Такое разделение уже указано Брейтгауптом (Breithaupt, 1849, стр. 206).
[3] Petterd, 1896, стр. 11.

связанных с гранитными массивами. Это жилы так называемой кобальто-серебряной формации[1]. Жилы эти заполнены главным образом кварцем (затем роговиком, кальцитом, реже доломитом). Главными металлическими соединениями в них являются смальтин, хлоантит (иногда разности, содержащие **висмут**, — раммельсбергит, висмуто-кобальтовый колчедан), висмут, урановая смолка, соединения серебра (серебро, красная серебряная руда, стефанит, полибазит, аргентит и т. д.). Но на этом богатство этих жил не кончается, в них встречаются барит, флюорит, накрит, соединения U, As, Sb, Mn, Fe, Pb, Zn, Cu. Такое разнообразие минералов и элементов указывает на сложность химических процессов, которые шли в этих жилах; на то же самое указывают многочисленные псевдоморфозы жильного кварца по кальциту, бариту, флюориту и т. д. Главные и наиболее изученные месторождения этого типа сосредоточены в области Рудных гор в Чехии и в Саксонии—около Шнееберга, Иоганнгеоргенштадта, Яхимова, Аннаберга, Мариенберга.

Постоянный парагенезис самородного висмута с сернистыми и мышьяковистыми соединениями никеля, кобальта и серебра, очевидно, связан с какими-нибудь особенностями в ходе химических процессов, особенностями, нам до сих пор совершенно непонятными; надо иметь в виду, что связь самородного висмута с выделением кобальтовых соединений более тесная, чем с встречаемыми здесь же соединениями серебра[2]. Закономерность такого парагенезиса самородного висмута подтверждается нахождением его в жилах с кобальтовыми и серебряными минералами около Виттихена в Бадене, Бибера в Гессене, Гассероде на Гарце, Шладминга в Штирии, далее — в разных месторождениях в Зальцбурге, Швейцарии, Франции, Англии и т. д. До сих пор такой способ нахождения самородного висмута является единственной формой нахождения его в конкреционных жилах[3].

В Шнеебергском окр.[4] (Саксония) разрабатывалось более 150 кварцевых жил, богатых кобальтовыми соединениями; но это далеко не все жилы, и только на площади около 10 км^2 в окрестностях Шнееберга их известно более 150, мощностью от 0,1 до 1 м. Они лежат в кристаллических сланцах, сильно измененных контактом с гранитным массивом; большей частью они выполнены разломанными и размельченными кусочками и пылью окружающих пород; вся эта масса сцементирована кварцем и халцедоном, отчасти заместившим ранее бывшие карбонаты и барит. Кое-где цемент жилы все еще состоит из карбонатов (кальцита, бурого шпата, доломита), флюорита и барита. Главная масса руды образована шпейсовым кобальтом, содержащим примеси серебряных соединений, и затем — самородным висмутом. Самородный висмут отчасти превращен сверху в бисмутит, висмутовую охру и другие обычные продукты его

---

[1] Breithaupt, 1849, стр. 246 и сл.; Stelzner u. Bergeat, 1905—1906, стр. 735 и сл.

[2] Серебро в этих жильных полях практически золота не содержит (Stelzner u. Bergeat, 1905—1906, стр. 735).

[3] Может быть, есть еще один — редкий — способ нахождения висмута в верхних частях кислых вулканических пород, в связи с золотом (и теллуристыми соединениями), где он, может быть, происходит от распадения теллуристых соединений висмута. Таков самородный висмут, наблюдавшийся прежде в Резбании в Венгрии (образцы его существуют в старинных коллекциях). Гинтце (Hintze, I, 1898, стр. 125) считает это месторождение сомнительным.

[4] H. Müller, 1860, стр. 106 и сл.; Stelzner u. Bergeat, 1905—1906, стр. 737 и сл.

поверхностного окисления. Этот процесс окисления идет иногда очень энергично, и в некоторых рудных полях этого района бóльшая часть висмута уже перешла в висмутовую охру, которая тогда является главной рудой на висмут. Таковы, например, условия жильного поля в Иоганнгеоргенштадте. Здесь на протяжении 6 км² сосредоточено до 1500 жил, разбивающих, в конце концов, всю эту площадь на отдельные участки[1]. Мощность жил около 10—20 см, реже до 0,5 м. Отдельные жилы прослежены в глубину до 300 м. Строение жил и их выполнение очень сходно со Шнеебергом, но в металлических частях они отличаются ясным преобладанием вместе с самородным висмутом серебряных (и урановых), а не кобальтовых (и урановых) соединений. Сильное изменение с поверхности этого жильного поля сказывается еще в том, что в нем преобладают галоидные соединения серебра, а не самородное серебро.

Самородный висмут попадает в россыпи, где сохраняется почти неизменным, так как кусочки его быстро покрываются коркой нерастворимых соединений. Такой висмут известен, например, в некоторых россыпях Забайкалья (§ 230).

В Австралии россыпи около Бамфорда в окр. Торнборо в Квинсленде разрабатываются иногда на висмут и вольфрам; это элювиальные россыпи около выходов гранитных пород, заключающих самородный висмут и вольфрам[2].

На земной поверхности самородный висмут окисляется и соединяется с H_2O и CO_2, давая висмутовую охру (бисмит), висмутовый шпат (бисмутит) и изредка, по некоторым указаниям, кремнеземистые соединения (эвлитин[3]). Все это землистые, мало изученные тела, дальнейшая история которых неизвестна.

230. Висмут в России. В России самородный висмут редок[4]. На *Урале* он указан в золотоносных россыпях в *Екатеринбургском горном округе*[5].

В *Сибири*, в *Томской губ.*, он был встречен на *Алтае*, в Змеиногорске[6]. В Заводинском руднике висмут найден с карелинитом[7]. В *Кузнецком у.* мелкие гальки самородного висмута встречены в Верхне-Камзасском золотом прииске, по р. Большому Камзасу и по р. Кедровке, бассейн Балыксы[8]; по р. Мрас-Су[9].

---

[1] Viebig, 1905, стр. 98, 102.

[2] R. Beck, 1909, стр. 450.

[3] J. Roth, 1879, стр. 287—288; 1890, стр. 436; H. Müller, 1860, стр. 123. Переход висмута в эвлитин требует подтверждения. Может быть, указание на него перешло во все минералогические сводки благодаря замечанию Брейтгаупта: «Двоякого рода бывают такие минералы, одни, которые называют обычно висмутовой охрой..., другие — не содержат совсем углекислоты и относятся, может быть, как землистая разновидность к эвлитину, к висмутовой обманке» (Breithaupt, 1849, стр. 228). Первой охрой, о которой говорит Брейтгаупт, является карбонат висмута. В Шнееберге эвлитин находится на висмутовой охре (H. Müller, 1860, стр. 123).

[4] Обзор месторождений см. Лодочников, 1923, стр. 8.

[5] Коллекция Р. Германа. См. Вишняков, 1900, стр. 6. Судя по описанию,— искусственный?

[6] Севергин (1809, стр. 114) указывает прямо: «висмут». Может быть, соединение висмута, а не самородный висмут? В черном порошке, полученном Якоби при электролизе алтайского бликового серебра, оказалось 2,77% висмута. См. Евреинов, 1847, стр. 364.

[7] Купфер, 1911, стр. 149 [«Карелинит», по новым данным, является смесью бисмутинита, бисмита и самородного висмута].

[8] Зайцев, 1892 (3), стр. 14.

[9] Коллекция Томского университета. По указанию П. Пилипенко (Карычлан).

В *Забайкальской обл.*, самородный висмут наблюдался в старинном Ново-Зерентуйском руднике[1]. Он встречался также в северо-восточной части Адун-Челона, в Золотом Отроге, в кварцевых жилах с топазом, бериллом, пиритом, вольфрамитом и т. д.[2] Вероятно к тому же месторождению относится указание А. Кулибина (1827, стр. 363): «Кроме топазов, встречается в Туткалтуе бесцветный, совершенно прозрачный плавик, — последний иногда заключает в себе мелкие, с металлическим блеском, зерна свинцово-серого цвета, почитаемые здесь за самородный висмут». Судя по цвету, это не самородный висмут, а тетрадимит или теллур. Очень интересно было бы изучить экземпляры, хранящиеся в старинных коллекциях[3]. Самородный висмут на Шерловой горе найден с базобисмутитом и арсенопиритом[4]. В арсенопирите, по анализам лаборатории Геологического комитета, содержится 0,28—0,41% самородного висмута[5]. Судя по указанию Ненадкевича о вероятном нахождении там BiO, это определение, может быть, не всецело относится к самородному висмуту. Включения самородного висмута в арсенопирите достигают величины «гороха»[5]. Висмут указывается еще вблизи р. Унды (в *Нерчинском окр.*) и Сивильдигона (Восточная Сибирь)[6]. Вместе с висмутовым блеском известен в золотоносных россыпях по р. Большой Амунной, в бассейне р. Амазара[7]. В Читинском музее хранятся образцы висмута из золотоносных россыпей по р. Джармагатаю (левый приток р. Или)[8].

В *Енисейской губ.* самородный висмут встречался в россыпях в бассейне Верхней Тунгуски, по рекам Севагликону (Мариинский прииск), Калами (Викторовский прииск), Удерею (Надеждо-Николаевский прииск Лопатина)[9], по Сеначаче (Кыл), притоку р. Маны.

В *Степной и Средне-Азиатской России*, в *Закаспийской обл.*, указан на Каспийском море, на о-ве Святом, или Паралагае; но это месторождение сомнительное (висмут содержит серу[10]).

В *Финляндии* он известен в *Выборгской губ.*, в *Сердобольском у.*, в Питкаранте[11].

В *Улеаборгской губ.*, в финской Лапландии, изредка встречался в золотоносных россыпях по Ивалойоки (§ 171)[12].

231. Труд человека. Хотя висмут довольно распространен в природе и его главным минералом служит самородный висмут, он редко где дает значительные скопления.

Человек давно обратил внимание на висмут, но история его разработки неясна. Вероятно, его уже знали в классическом мире, но смешивали

---

[1] Георги, 1798 (3), стр. 573. По И. Герману (1790 (2), стр. 211), висмут находился в Нерчинских рудниках.

[2] Пешке, 1837, стр. 434 (коллекция К. Чевкина); Титов, 1855, стр. 448.

[3] В доступных мне коллекциях Академии Наук и Московского университета таких флюоритов нет. Ср. § 215. Показанный Чевкиным на собрании немецких естествоиспытателей в Иене в 1836 г. самородный висмут из Адун-Челона описан Пешке так: «Висмут с вросшими кристаллами берилла» (1837, стр. 434).

[4] Ненадкевич, 1917, стр. 452; Сущинский, 1917, стр. 519.

[5] Тетяев, 1918, стр. 25, 33.

[6] Нефедьев, 1871 , стр. 34.

[7] Кузнецов, 1910, стр. 715 и сл. Встречался в сростках с кварцем и золотом.

[8] По указанию С. Д. Кузнецова, 1910,—«окатанные, покрытые беловатым налетом зерна». Музей Читинского отдела Географического общества.

[9] «Горн. журн.», 1857, IV, стр. 142; Латкин, 1869, стр. 5; Еремеев, 1887 (2), стр. 283.

[10] Лисенко, 1879 (2), стр. 91. В новых съемках Геологического комитета о нем совсем не упоминается. Ср. Голубятников, 1908.

[11] Trüstedt, 1907, стр. 329. Часто с тетрадимитом. Уд. вес 9,29.

[12] Fircks, 1906 (2), стр. 13.

со свинцом[1]. Указания на висмут думали найти в сочинениях европейских ученых XIII—XIV веков[2]. Несомненно, у нас есть ясные указания на применение висмута задолго до конца XV столетия. Так, висмутовая живопись, для которой шел порошок металлического висмута, была известна в начале XV столетия и, может быть, уже в XIV веке[3]. В XVI веке его уже точно знает Парацельс.

История висмута на Востоке совсем неизвестна, хотя наше название этого металла, повидимому, восточного происхождения[4]. Нельзя, однако, не отметить, что месторождения висмутовых минералов в Азии почти неизвестны, так что восточное название может иметь другое объяснение[5].

Вероятно наибольшее, до сих пор известное его количество наблюдалось в Саксонии, в Рудных горах, около Шнееберга, где его месторождение было открыто в 1471 г.; в 1514 г. открыто новое — около Яхимова. Вероятно около этого времени он стал употребляться в небольшом количестве в качестве примеси к олову и свинцу, которые делались от этого тверже, а затем употреблялся вместе с сурьмой для приготовления гарта — типографского металла. Этот сплав, как известно, получил в это время широкое употребление (§ 239). В конце того же XVI столетия вошли в медицину и висмутовые препараты[6].

Во всех этих случаях элементарная природа металла не была известна — она выяснилась лишь к середине XVIII столетия. К этому времени увеличилась и его добыча, когда в первой четверти XVIII века Лемери ввел в медицину препараты основного азотнокислого висмута. В общем, человек понемногу все время растрачивал запасы природного самородного

---

[1] Gurlt, 1877, стр. 168,— plumbum canum.

[2] Гмелин (Gmelin, 1797, стр. 87, 95) указывает на сочинения, хранящиеся с именами Арнольда де Вилла Нова (ум. в 1312 г.) и Рожера Бэкона (ум. в 1292 г.). Эти указания возбудили сомнение уже у Коппа (H. Kopp, 1847, стр. 110), ибо очень трудно понять их неясные описания.

[3] Lippmann, 1906, стр. 248.

[4] У Гинтце (Hintze, I, 1898, стр. 123) дана сводка данных и мнений о происхождении слова «висмут». К этому можно прибавить следующие соображения, сообщенные мне другом моим, ориенталистом проф. А. Е. Крымским: «Корень *смд* означает по-арабски «последние капли», «выжатый последний сок» и т. п. Слово «*йсмид*», или «*ўсмуд*» означает в самых старых арабских памятниках не что иное, как «сурьму», которой арабские красавицы подкрашивали глаза. Ср. у доисламских поэтов: Алькамы (4 : 2), Зоhейра (3 : 15); в «Китâб-аль-агани»— при рассказе о далеко видящей бедуинке Зарне; также у историка Табария (ум. в 923 г.) I, 773 : 5. Зигм. Френкель (Fränkel, 1886, стр. 153) выводит арабское «исмид» из греческого στίμμι, но тут же оговаривается: «Так как это, вероятно, происходит из египетского *mstm* (Blau, 1871), а сурьма была привезена в Египет из страны Сомали, то нужно думать, что происхождение этого слова африканское (ср. Страбон, кн. XVI, стр. 775)». Что касается слова «висмут» (испанское *bismuto*, французское *bismuth*, итальянское *bismutta*, немецкое *wismuth*), то догадка о его происхождении от арабского «*йсмид*» высказана у Marcel Devic (1876, стр. 70): «Легко понять смешение этих двух металлов. Но откуда взялась буква *b* во французском?». Ответ насчет буквы *b* (-русское *б*) нетруден. По-испански буква *b* звучит средним образом между *b* и *v*, а потому, если слово «исмид» попало в Европу через испанцев (что вполне вероятно), то начальный призвук *v* (а он фонетически обычен) легко мог быть у испанцев выражен латинской буквой *b*. Остальные народы могли читать эту букву *b* уже как русское *б*. Впрочем, надо помнить, что в арабском языке огромную роль в словосложениях играет слово «*бу*», «*би*», означающее, собственно, «отец», а затем — «обладатель свойств». Арабское «бу-йсмид», «би-йсмид» (*с*-«обладатель свойств сурьмы») легко могло быть применено к висмуту».

[5] Может быть, оно связано с созданиями средневековой учености, относившей все неизвестное к арабским прототипам. В истории древней химии мы имеем многочисленные примеры таких построений.

[6] Wrany, 1903, стр. 132—133.

висмута, переводя их в кислородные соединения или разнообразные сплавы.

С 1860-х годов добыча самородного висмута усилилась, сперва в Шнееберге в Саксонии, затем на первое место выступили Боливия и Австралия[1].

Во время войны 1870—1871 гг. висмут в целом ряде стран исчез из обращения. Это вызвало его поиски, причем выдвинулись месторождения Боливии; были найдены и начали разрабатываться и месторождения во Франции (Меймак)[2].

В конце концов захватил весь рынок синдикат, влияющий на разработку висмута, удерживающий ее. В последнее время стали получать висмут из подмесей к рудам Au, Cu, Pb, Sn. Главная добыча — в Боливии, затем в Австралии, Испании и т. д., причем только часть висмута добывается из самородного висмута. В 1912 г. было добыто в главных странах—источниках висмута — около 80—100 т висмута[3].

232. Определение. Самородный висмут нередко (особенно в россыпях) бывает покрыт сверху продуктами изменения, желтого и беловатого цвета (висмутовые охры, висмутовый шпат), и, только разбив такие кусочки, можно видеть своеобразный металлический блеск самородного висмута.

Чрезвычайно характерна совершенная спайность по {0001} и отдельность, благодаря скольжению, по $\{01\bar{1}2\}$ (причем угол $\{01\bar{1}2\} : \{1\bar{1}02\}$ — 62°46′). Металлический блеск; чистый — белого цвета с ясным красноватым отливом. Природный висмут обычно темножелтый, с побежалостью. Хрупок. На пластинках по {0001} дает фигуры удара (звезда из трех лучей по 60°), отвечающие скольжению по $\{01\bar{1}2\}$. Твердость 2 и несколько больше. Уд. вес 9,7—9,8. Хороший проводник электричества. Сильно диамагнитен: между полюсами магнита его ось Z всегда располагается в осевой линии поля. Легкоплавок, точка плавления около 245°. На угле при продолжительном дутье испаряется и дает налет, сперва белый, потом оранжево-желтый. При сплавлении с KJ и S дает характерный белый, по краям киноварнокрасный налет. Легко кристаллизуется из сплава в ромбоэдрах скелетообразного характера. В HNO_3 легко растворяется; от прибавления H_2O этот раствор дает белый осадок. Дает и все другие химические реакции на Bi.

Теллур

Самородный теллур

233. Химический состав и физические свойства. Довольно редкий в природе самородный теллур, вероятно, часто является химически чистым. Анализы[4] дают указания на различные примеси, про которые нельзя с уверенностью утверждать, чтобы они не были механического характера. Таково, например, часто находимое в самородном теллуре золото[5], которое попадает в него, вероятно, механически, благодаря образованию самородного теллура из теллуристых минералов золота. Того же происхождения

---

[1] Кое-какие данные — случайные — по истории добычи висмута см. у B. Neumann, 1904, стр. 385 и сл.

[2] Carnot, 1874 (3), стр. 171.

[3] Hess, 1914, стр. 285 и сл.

[4] См. C. Hintze, I, 1898, стр. 104—105.

[5] В самородном теллуре из Ганнана в Австралии находится 2,35% Au; см. Mac Ivor, 1900, стр. 272. Самородный теллур из Фачебайских гор иногда совсем не заключает золота. См. Foullon, 1884, стр. 272.

примесь Fe. Возможно, что наблюдаемые примеси S, Se[1] не всегда имеют такое происхождение, а входят в состав самородного теллура, но это не выяснено, так как анализу подвергалась руда, а не отобранные кристаллы. Впрочем, нахождение редкого минерала — селенистого теллура — указывает на вероятность изоморфной подмеси селена и в самородном теллуре[2].

Химический анализ теллура из Фачебая дал селен (3,12% Se). Теллур не был чист, но селен едва ли мог входить в какое-нибудь другое тело. Теллур из Нагиага, Трансильвания, и из Америкен-Майн в Колорадо не дал селена (заключают 97,24—97,10% Te)[3].

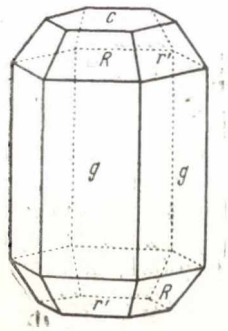


Рис. 81. Самородный теллур из Фачебая, Трансильвания.

По Розе, 1849. g $\{10\bar{1}0\}$, R $\{10\bar{1}1\}$, r' $\{01\bar{1}1\}$, c $\{0001\}$

Теллур кристаллизуется, вероятно, в классе $\lambda^3 3L^2 c3P$ гексатригональной системы, с отношением осей $a:c$—1 : 1,3298 (Розе)[4]. Кристаллы его очень мелки и в них преобладает $\{10\bar{1}0\}$, причем по наружному виду они соответствуют большей частью комбинациям голоэдрии гексагональной системы ($\{10\bar{1}0\}\cdot\{10\bar{1}1\}$, $\{01\bar{1}1\}$)[5] (рис. 81). Эти кристаллы почти всегда являются параллельными сростками. Однако полиэдры и параллельные их сростки очень редки, и большей частью самородный теллур встречается в небольших, плотных тонкозернистых массах. Редко когда он наблюдается в больших сплошных кусках (до 8 кг в графстве Боулдер в Колорадо).

234. Нахождение в земной коре. Самородный теллур, подобно многим другим самородным элементам, — минерал земной поверхности. Он встречается здесь, однако, иногда в форме первичных выделений. История теллура в земной коре мало выяснена. Находясь в ней в ничтожных количествах (§ 16), он выделяется в главной своей массе в жильных образованиях и вулканических породах в связи с золотом, висмутом, иногда серебром, свинцом. Есть неясные указания на выделение теллуристых соединений, богатых никелем, и на нахождение теллура в некоторых серных колчеданах и сере. Среди этих форм выделения теллура самородный теллур является видной и распространенной формой нахождения теллура на земной поверхности. Он выпадает частью в связи с горячими водными растворами, без непосредственной связи с теллуристыми минералами, частью является вторичным продуктом распадения богатых теллуром соединений — сильванита и др.

---

[1] О Se см. Foullon, там же.

[2] Сводку о селенистом теллуре (находится в кварцево-баритовых жилах, при парагенетически неясных условиях, в Гондурасе) см. у C. Hintze, I, 1898, стр.100—101. Анализ нечистого теллура из Фачебайских гор см. Foullon, 1884, стр. 275. Об отсутствии селена ср. Mac Ivor, 1902, стр. 272.

[3] Butureanu, 1895, стр. 112. Надо обратить внимание на возможную примесь Bi. Не правилен ли старый взгляд на возможность их изоморфизма? Искусственно полученные кристаллы теллура похожи по форме на висмут и содержали 2,15% Bi (Matthey, 1901, стр. 162).

[4] G. Rose, 1851, стр. 88. [По рентгеновским данным $a_0 = 4{,}445$; $c_0 = 5{,}91$; $a_0 : c_0 = 1 : 1{,}33$].

[5] О кристаллической форме см. W. Phillips, 1823, стр. 327; G. Rose, 1851, стр. 84; Foullon, 1884, стр. 271; Groth, 1906, стр. 35. О полиморфизме теллура см. Ladrey, 1852.

Первый тип месторождений самородного теллура наблюдался в Залатне, в Фачебайских горах, в Трансильвании, где в третичных карпатских песчаниках он встречался в жилах и пустотах, заполненных пиритом и кварцем или роговиком с золотом, каолином (горным мозгом) и пиритом. Очевидно, он выделился здесь из водных растворов, может быть в связи с выходами кислых изверженных пород (роговообманкового андезита)[1]. Иногда самородный теллур находился в кварце и пирите.

В этом месторождении происхождение его вторичным разложением теллуристых соединений золота не видно, хотя, судя по характеру тесно смешанного с ним темного, чрезвычайно чистого, губчатого золота, так называемого «spaniol» (§ 104, 122), чрезвычайно вероятно. В других нахождениях самородного теллура такое вторичное образование резко сказывается; наиболее значительные из них наблюдались в Колорадо, в графстве Боулдер (см. § 233). Повидимому, теллур выделяется в каждом месторождении теллуристых соединений золота, благодаря их распадению, но обычно в очень малом количестве[2].

Его дальнейшее изменение с точностью неизвестно. Повидимому, он окисляется и переходит в теллурит. По крайней мере, его кристаллы часто покрыты кристалликами теллурита[3].

В *России* не встречен.

Добывался в начале XIX века в Залатне для золота, с которым был тесно смешан[4].

235. Определение. Металлический блеск, непрозрачен. Черта и цвет — оловянно-белые. Совершенная спайность по $\{10\bar{1}0\}$. Твердость 2 и выше. Уд. вес 6,1—6,3. Легкоплавок, горит и летит с зеленым пламенем, без остатка. На угле дает белый налет; в открытой трубке сильно дымит, дает белый налет TeO_2, который сплавляется в капли. Нагретый с концентрированной H_2SO_4 дает прекрасную пурпуровую жидкость — при прибавлении H_2O окраска ее исчезает и получается осадок черного порошка Te. Соляная кислота на него не действует.

Природные мышьяк и сурьма

Самородный мышьяк. Аллемонтит (?). Сурьмянистый мышьяк. Самородная сурьма

236. Химический состав и физические свойства. Мышьяк и сурьма обычно встречаются в природе в одинаковых условиях и довольно легко дают изоморфные смеси, не представляющие непрерывного ряда. К сожалению, недостаток анализов однородных минералов этой группы не позволяет дать точные цифры их смеси. Повидимому, существуют пустые промежутки в этих изоморфных смесях; так, например, для аллемонтита (As, Sb) наблюдались лишь небольшие колебания составных частей (84—95% As, 4—16%Sb)[5]. Разности мышьяка, очень богатые сурьмой, совершенно неустойчивы в природных условиях и не наблюдались.

---

[1] Zepharovich, 1859, стр. 443; Fellenberg, 1860, стр. 178; Foullon, 1884, стр. 270; Semper, 1900, стр. 118 и сл.; Gesell, 1897, стр. 140.

[2] Так, он редок в Криппл-Крик и Кальгурли; см. Rickard, 1901, стр. 711. В коллекциях хранятся большие куски (по спайности) теллура из других мест Колорадо, например Вулкан, графство Гуннисон (Британский музей), а также из Невады, например из рудника Деламар, графство Тринити (Вашингтонский и Чикагский музеи); дендриты теллура из Нагиага в Трансильвании (Брюссельский музей).

[3] Brzesina, 1886, стр. 137.

[4] Fellenberg, 1860, стр. 178.

[5] Анализы аллемонтита из Аллемонта во Франции дают около 62% As, но однородность вещества неясна, так как в этом месторождении аллемонтит встречается вме-

Очень возможно, что надо выделить разности, бедные сурьмой, в особый вид — сурьмянистый мышьяк[1]. Но пока этого нельзя сделать за неимением достаточного числа анализов и синтезов этих тел.

Для самородного мышьяка очень часты указания на нахождение в нем железа (и никеля), но характер этого нахождения неясен и, может быть, Fe и Ni происходят из тех мышьяковистых соединений, распадением которых образуется самородный мышьяк[2].

В сурьме и в мышьяке находится иногда Ag, очевидно из остатков тех соединений, разрушением которых они выделились; еще реже наблюдалась в них сера[3]. Указано в самородной сурьме и железо[4].

Сплавы, богатые сурьмой, дают непрерывный ряд от 100 до 65% Sb[5].

237. Вещества эти в природе кристаллизуются в тригональной системе, вероятно, в строении $\lambda^3\ 3L^2c3P$[6]. Для сурьмы $a : c = 1 : 1{,}3236$[7], для мышьяка $1 : 1{,}4025$ (Розе)[8].

Очень редко в земной коре наблюдаются кристаллические многогранники этих элементов[8].

В отличие от висмута (§ 227), природные кристаллы мышьяка дают не только простые кристаллические полиэдры, но и двой-

---

сте с самородной сурьмой. В мышьяке из Монреаля содержится 1,65% Sb (Evans, 1903, стр. 92). Уолкер (T. Walker, 1921) неосновательно считает аллемонтит смесью As и Sb. Он анализировал неоднородные образцы из Атлина, Британская Колумбия, где содержание As колебалось от 87,98 до 42,69%, а Sb — от 10,97 до 57,06%.

[1] Повидимому, надо различить богатые сурьмой (до 16 или 38%) и бедные сурьмой (4,3—9,2%) разности. Анализы (C. Hintze, I, 1898, стр. 114; Evans, 1903, стр. 92 и Butureanu, 1895, стр. 157) дают следующие числа:

	As	Sb	Число анализов
Гинтце	62,1 —84,0	16,0 —37,8	2
Эванс	84,0 —97,0	1,7 — 9,2	5
Бутуреану	92,04—94,4	1,60— 9,50	

Но все эти анализы сделаны над веществом, однородность которого возбуждает сомнения. Очень интересно было бы проделать новые анализы и изучить синтетически систему As — Sb. К сожалению, опыты искусственного получения сплавов As—Sb, кажется, не были поставлены.

[2] Для кристаллов самородного мышьяка из Яхимова Яновский нашел следующие числа: 90,91% As, 1,56% Sb, 4,64% Ni, 2,07% Fe, 0,55% SiO_2, сл. Mn, S. Сумма 99,73 %. Анализ неполон и непонятен. См. Zepharovich, 1875, стр. 276.

[3] Только следы. C. Warren, 1903, стр. 339; Evans, 1903, стр. 92 (0,16%).

[4] Bischof, 1854, стр. 2074. Butureanu (1895, стр. 158) приводит анализ самородной сурьмы из Аллемонта, содержащей 98,7% Sb, и указывает, что в нечистой самородной сурьме из Милешова в Чехии содержится 0,45% Fe.

[5] Parravano e Cesaris, 1912, стр. 341.

[6] Для As и Sb известно несколько полиморфных разностей. В природе, кроме тригонального обычного мышьяка, изредка встречается арсеноламприт (так называемое зеркало мышьяка). О нем см. сводку у C. Hintze, I, 1898, стр. 110. Об искусственных см. Stock u. Siebert, 1904, стр. 4572; 1905, стр. 3837; Stock u. Guttmann, 1904, стр. 898; Gmelin-Kraut, 1907, стр. 418 и сл.; Siebert, 1907; Linck, 1908, стр. 393. О полиморфизме мышьяка см. еще Reppert, 1907; Erdmann u. Reppert, 1908; Jolibois, 1911. Надо различать обычный As_1, серый As_2 (ромбоэдры), уд. вес 4,64; As_4, желтый, кубической системы, уд. вес 2,0, существует только без света и при низкой температуре; бурый As_8, уд. вес 3,67—3,68 (около 180° переходит в As_2, а при 303° в As_1). Kohlschütter (1913, стр. 268) считает серый и бурый мышьяк Эрдмана одной фазой.

[7] Laspeyres, 1875, стр. 601. [По рентгеновским данным для сурьмы $\alpha = 57° 05'$. Для гексагональной ячейки $a_0 : c_0 = 1 : 2{,}618$).

[8] О кристаллах обычного мышьяка см. Breithaupt, 1828, стр. 167; Zepharovich, 1875, стр. 272; G. Rose, 1851, стр. 82 и сл. Кристаллы аллемонтита неизвестны. Для сурьмы—G. Rose, там же, стр. 73 и сл.; Römer, 1848, стр. 310; Laspeyres, 1875, стр. 574. О кристаллах мышьяка и сурьмы см. общую сводку Groth, 1906, стр. 19.

н и к и, как двойники срастания по $\{01\bar{1}2\}$ из многих неделимых, так и двойники прорастания по $\{0001\}$, с углом поворота 60°.

Самородная с у р ь м а известна исключительно в двойниковых сростках — по $\{01\bar{1}2\}$, впервые описанных Рёмером (рис. 82 и 83). Обычно срастаются многие неделимые вместе, и получаются чрезвычайно сложные образования, так как плоскость срастания перпендикулярна к двойниковой плоскости. В отличие от висмута, для нее неизвестны в природе простые неделимые.

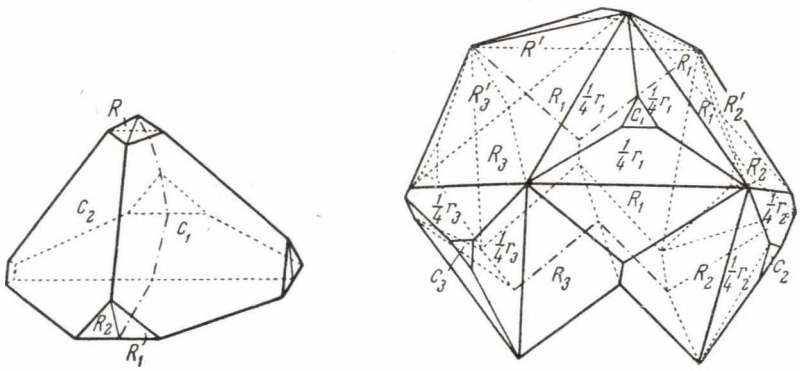


Рис. 82 и 83. Двойники самородной сурьмы из Андреасберга на Гарце.

По Розе, 1849.
$c\ \{0001\}$, $R'\ \{01\bar{1}1\}$, $^1/_4\ r\ \{10\bar{1}4\}$

Точно так же для сурьмы и мышьяка отсутствуют дендриты и параллельные срастания. Обычно они образуют сплошные зернистые и землистые массы и стяжения. Эти стяжения временами имеют правильную форму, например стяжения мышьяка из Акатани, в провинции Эхизен в Японии, которые состоят из плохо образованных кристаллов $\{01\bar{1}1\}$ [1]; в других случаях (рудник Самсон в Андреасберге на Гарце) образуются шары мышьяка; очень часты, как для мышьяка, так и для аллемонтита, к о р к и. Мышьяк этого характера даже получил особое название — Scherbenkobalt. Эти корки указывают на конкреционные образования самородного мышьяка и аллемонтита — выпадения их первоначально в коллоидальных сгустках.

Относительно редко они образуют значительные скопления, однако и мышьяк (например в верхних горизонтах рудника Сент-Мари-о-Мин в Эльзасе [2]) и сурьма (например на Борнео [3]) попадаются изредка кусками весом больше килограмма [4].

238. Нахождение в земной коре. Вещества эти всегда вторичного, поверхностного образования и являются промежуточными продуктами при распадении различных мышьяковистых и сурьмянистых соединений и при переходе их в кислородные [5]; их образование идет особенно легко под влиянием нагретой воды (в горячих источниках). В небольшом количестве они встречаются почти во всякой жиле, в которой находятся

[1] В этих стяжениях 86,6% As — F r e n z e l, 1897, стр. 529. Пойкилитические сростки?

[2] L a c r o i x, 1897, стр. 381.

[3] P o s e w i t z, 1889, стр. 321—322; F r e n z e l, 1877, стр. 300.

[4] О явлениях скольжения для сурьмы см. В е р н а д с к и й, 1897 (1), стр. 81. Ср. еще M ü g g e, 1899, стр. 70.

[5] Об их образовании см. J. R o t h, 1879, стр. 263, 287: B i s c h o f, 1854, стр. 2074.

сурьмянистые и мышьяковистые металлы. Мышьяк особенно част в жилах, богатых кобальтовыми соединениями (главным образом смальтином), причем иногда сосредоточивался в значительных количествах (например, около Шнееберга в Саксонии, в Шладминге в Штирии и пр.). Здесь самородный мышьяк обыкновенно находится в довольно узком горизонте, наиболее подвергшемся влиянию внешних условий.

Однако они могут образовываться и из других соединений; так, иногда они выделялись из блеклых руд, красной серебряной руды, даже из кислородных соединений мышьяка[1] и т. д. Благодаря этому они могут встречаться и в иного типа месторождениях—например, мышьяк находится в связи с реальгаром и аурипигментом (Фёльшебания в Венгрии и т. д.).

Способ образования этих самородных элементов неясен; они, несомненно, выделяются из водных растворов, на что указывает образование ими конкреций[2], корок и т. п. Вероятно, они способны (подобно сере) давать растворимые в воде разности[3]. Однако не невозможно и образование мышьяка — посредственное или непосредственное — из летучих мышьяковистых газов в массивных породах; таково происхождение конкреций мышьяка в доломитизированном известняке, около контактов с массивными породами, в Вашингтон-Кэмпе, в Аризоне, по Уоррену[4], выделений мышьяка в богатых кальцитом жилах, проходящих в нефелино-сиенитовых породах около Монреаля[5], может быть, мышьяка из Акатани в Японии, который встречается в верхних частях разрушенных липаритов[6].

В тех случаях, когда разрушались тела, содержащие одновременно As и Sb, образуется аллемонтит; в других случаях выпадают почти чистые мышьяк и сурьма. Для сурьмы главным источником ее образования служит антимонит. При разрушении коренных месторождений они попадают в россыпи (например сурьма в Борнео). Значительные скопления такой же самородной сурьмы известны в Квинсленде[7].

Во влажном воздухе мышьяк и особенно сурьма мало-помалу выветриваются, переходят в окислы или соли; вследствие этого сурьма и аллемонтит, большей частью с поверхности, покрыты белой коркой образовавшихся окисей[8]. Изменение мышьяка может быть связано с его механическим раздроблением (см. § 33—34). По опытам Менье, тонко раздробленный мышьяк жадно соединяется с воздухом, загорается[9]. Гораздо реже и случайнее они переходят в сернистые соединения, например, мышьяк иногда изменяется в аурипигмент. Это уже процесс метаморфизации, а не выветривания.

239. Труд человека. Нигде не концентрируясь в большом количестве, As и Sb никогда не служили предметом самостоятельной разработки. Однако самородный мышьяк искони собирался в рудных местностях и употреб-

[1] Bischof, 1866, стр. 864. Бишоф основывался на псевдоморфозе самородной сурьмы по валентиниту, описанной Силлемом из Аллемонта. Но аналогичный процесс Бишоф допускает и для окислов мышьяка.

[2] Например, мышьяк в Японии (§ 237), сурьма около Викуэлы в провинции Малага; см. J. Phillips, 1896, стр. 505.

[3] Брейтгаупт (Breithaupt, 1849, стр. 125) допускал для некоторых случаев (в жилах) образование самородного мышьяка сублимацией.

[4] C. Warren, 1903, стр. 339.

[5] Evans, 1903, стр. 92.

[6] Wada, 1904, стр. 7.

[7] Mac Ivor, 1888, стр. 64.

[8] Мышьяк с поверхности прикрыт темной, тонкой пленкой неизвестного соединения, должно быть, черного низшего окисла?

[9] Menier, 1877, стр. 18.

лялся как в народной, так и в профессиональной медицине[1]. Во фрейбергских жилах мышьяк, образовавшийся из прустита, бывал временами богат серебром (0,75—1,20%) и служил тогда серебряной рудой[2]. Но это все случайные явления, не имевшие значения в истории данных минералов.

Повидимому, человек воспроизводит этих металлов гораздо больше, чем он их добывает природных. В этом отношении работа его все увеличивается; особенно значительна она для сурьмы. Человек начал добывать ее для сплавов в значительном количестве с XV века, с эпохи книгопечатания, хотя знал издревле. В настоящее время годовая добыча сурьмы достигает около 65 000 т. Главным источником такой сурьмы является сурьмяный блеск.

240. Нахождение в России. В России мышьяк как редкость наблюдался в верхних частях *уральских жил*. Так, он указан в *Богословском окр.*, в Богословском руднике[3].

На *Кавказе* самородный мышьяк найден в Садонском руднике на контакте с гранитом, в виде корок (тип саксонского)[4]. Условия нахождения неизвестны. В Ходском руднике (в той же жиле, северо-восточнее Садонского рудника) встречены корки самородного мышьяка (почки) в кварце и в свинцово-цинковой руде на кальците. Напоминает мышьяк из Шнееберга. Уд. вес 5,78 (29°C); Fe — сл.; Sb, Bi, Au, Ag не найдены[5].

В *Сибири* он указан был в *Томской губ.*, в верхних частях жил *Алтая*, в Змеиногорском руднике[6].

Старинные авторы указывают его в рудниках *Забайкальской обл.*, но эти указания нуждаются в проверке. Так, он указан в Екатериноблагодатском руднике[7]. Иногда наблюдался и в россыпях Забайкальской обл., в Малой Урюмской россыпи *Нерчинского окр.*[8]

В *Амурской обл.*, в Джалиндинском золотоносном районе, почковидные массы As наблюдались в Успенском руднике[9].

Сурьма и аллемонтит в России не наблюдались.

241. Определение. Свежий излом самородного мышьяка — серый с металлическим блеском; обычно с поверхности он черный, матовый. Спайность совершенная по {0001}. Кроме спайности, наблюдается очень часто отдельность по ромбоэдру, связанная с явлениями скольжения. Твердость выше 3. Уд. вес 5,6—5,8 (для чистого металлического мышьяка — 5,72). Перед паяльной трубкой на угле мышьяк испаряется с чесночным запахом (от образования низшей степени окисления As), давая белый возгон, не плавясь. В запаянной трубке дает черный возгон мышьяка (зеркало — арсеноламприт). Азотная кислота превращает мышьяк в мышьяковистую кислоту (белого цвета).

Сурьма обладает светлым, белым металлическим блеском. Совершенная спайность по {0001}. Твердость 3—3,5. Уд. вес 6,6—6,7. На угле плавится и испаряется, выделяя густой белый дым (Sb_2O_3), который летит некоторое время и по удалении пламени. В холодной HCl нерастворима; в горячей —выделяется $SbCl_3$. В царской водке растворяется ($SbCl_5$).

---

[1] В XVII — начале XVIII века с его употреблением в медицине даже боролись. Neuburger, 1901, стр. 23—58.

[2] H. Müller, 1901, стр. 169.

[3] Е. Федоров и В. Никитин, 1898—1899.

[4] Был найден Пламеневским в 1919 г. (по указанию В. И. Лучицкого). Гембицкий, 1916, стр. 31.

[5] Чирвинский, 1921, стр. 121 и сл.

[6] Leonhard, 1843, стр. 39.

[7] Свинцовый блеск «с вкрапленным мышьяком».— Злобин, 1823 (1), стр. 62.

[8] Еремеев, 1886, стр. 366.

[9] Яворовский и Анерт, 1913, стр. 124.

Аллемонтит дает одновременно реакции и на мышьяк (зеркало) и на сурьму (плавится и дымит). Цвет серый, металлический, иногда снаружи покрыт черным налетом низших степеней окисления мышьяка. Твердость 3—4. Уд. вес 6,2.

Б. МЕТАЛЛОИДЫ

Природные сера — селен — мышьяк

Альфа-сера. Бета-сера. Гамма-сера. Жидкая сера. Аморфная сера. Газообразная сера. Волканит. (?) Теллуристая сера. Арсеносульфурит

242. Химический состав. Самородная сера, обычно наблюдаемая в чистом состоянии, является характерным минералом коры выветривания. Она сохраняется и образуется только в поверхностной пленке литосферы; в более глубоких ее слоях — в областях метаморфической и магматической — она переходит в разнообразные соединения с металлами.

В общем количестве серы земной коры самородная сера не играет крупной роли, но, встречаясь вокруг нас, она дает ложное впечатление нередкого, обычного минерала. Количество ее, однако, очень невелико, ибо всей серы в земной коре не больше 0,1% и лишь небольшая часть ее сосредоточивается в узкой поверхностной пленке земной коры в виде самородной серы[1].

Самородная сера находится в различной форме, как в виде твердых разностей, так и в жидком состоянии и в парах. Соответственно с этим, мы различаем не менее шести различных, ей соответствующих минералов (α-β-γ — твердые серы, сера аморфная, жидкая, газообразная). Очень возможны закономерные физические смеси некоторых из этих разностей, которые также могут быть выделены в виде отдельных минералов.

Очень часто самородная сера химически чиста. Однако сера вулканического происхождения содержит нередко небольшие количества As, Te или Se. Есть указания на нахождение следов других элементов, например, Mo[2] или Tl[3].

Разности, относительно богатые этими элементами, необходимо также выделять в особые минералы: волканит (S, Se) (например, Липарские о-ва); теллуристая сера (S, Te) (Япония — 0,17% Te, по Дайверсу и Шимидзу); арсеносульфурит (S, As)[4].

---

[1] Такое представление об истории серы проникло в науку медленно. Вначале ей придавали огромное значение в истории земных процессов. С ней связывали все процессы горения, вулканических явлений. Очень ярко выразил эти воззрения в 1745 г. М. В. Ломоносов в диссертации «De tinctura metallorum». Он говорит: «Огромное количество серы в недрах Земли доказывается тем, что она выходит наружу в огнедышащих горах, источниках; ею же производятся и пожары огнедышащих гор, где сера горит много веков огромнейшим пламенем. Флогистон серы и окрашивает металлы во внутренности Земли: это видно по свинцовому блеску, медному и железному колчеданам.»— Меншуткин, 1904, стр. 170.

[2] Divers a. Shimidzu, 1883, стр. 284.

[3] Вернадский, 1909, стр. 830.

[4] О них см. E. Dana, 1892, стр. 9; C. Hintze, I, 1898, стр. 95; Rinne, 1902, стр. 499. Об изоморфных смесях α-S с Se см. Ringer, 1902, стр. 183 (литература). В продажной сицилийской сере 0,00009% Se; в японской 0,00011—0,00202% (Klason och Mellquist, 1911, стр. 11). О селенистой сере из Гаваи (0,07% Se) см. G. Brown, 1916, стр. 132. О теллуристой сере — Billows, 1909, стр. 91. Волканит и теллуристая сера являются разностями α-серы. Арсеносульфурит — аморфный. Уирри (Wherry, 1920, стр. 490) считает арсеносульфурит за соединение AsS_{4-6} и ставит рядом с патронитом.

Гораздо чаще самородная сера заключает растворенными, рассеянными в своей массе различные органические соединения, главным образом углеводородистые. Уже Митчерлих указал, что сера чрезвычайно легко растворяет органические соединения, резко меняя при этом свой цвет. Этим путем в природе получаются совершенно черные кристаллы самородной серы (Сицилия, Карпаты, Сюкеево на Волге и т. д.)[1].

В сере нередко наблюдаются включения, заполненные газами и жидкостями. Они соответствуют маточным растворам, откуда выделялась сера; так, например, для сицилийской включения жидкости заключают NaCl, $CaCl_2$, Na_2SO_4 и следы K, Ba и Sr[2]. Характер газов не выяснен.

243. Физические свойства. Сера отличается резко выраженным полиморфизмом, и для ее физически однородных кристаллических разностей известно в настоящее время 6—7 фаз, которые удобно обозначать греческими буквами. Из них пять (α—ε) кристаллографически изучены. Некоторые из твердых на вид разностей аморфны.

Из них[3] в природе наблюдались в чистом виде по крайней мере две: 1) желтая ромбическая (строение $3\lambda^3 3Pc$) — α-сера и 2) моноклиническая ($\lambda^2 c\pi$?) — β-сера[4]. Судя по условиям застывания природной жидкой серы, должна образовываться временами в земной коре γ-S (моноклиническая), быстро переходящая в α-S. При термодинамических условиях земной коры устойчива только α-сера, тогда как β-сера сохраняется в исключительных случаях и рано ли, поздно ли переходит в α-серу.

При нагревании, при обычном давлении и при температуре около 95—97°[5], α-сера переходит в β-серу, а при 116,1°C[6] β-сера плавится, и эта жидкая сера временами наблюдается при вулканических извержениях или природных пожарах[7].

Природная сера встречается не только в виде этих чистых фаз. Как известно, сера почти всегда содержит «аморфную серу», нерастворимую в CS_2. Эта аморфная сера всегда входит, например, в состав той серы, которая получается при застывании жидкой серы. Повидимому, она составляет значительную часть землистой природной серы, частью состоящей из α-серы; к сожалению, природная землистая сера мало

---

[1] Наряду с углеводородами (органическими соединениями) причину окраски искали в примеси кальциево-железного алюмосиликата (Magnus, 1854, стр. 658).

[2] Silvestri, 1882, стр. 7.

[3] Литература о полиморфизме серы огромна, см. обзоры и литературу у Muthmann, 1890, стр. 336; Арцруни, 1893; C. Hintze, I, 1898, стр. 91 и сл.; Brauns, 1899, стр. 82; A. Smith u. W. Holmes, 1903, стр. 469; Gaubert, 1905, стр. 157 и сл.; Groth, 1906, стр. 26 и сл.; B. Linne, 1907, стр. 337 и сл., 844 и сл.; Kruyt, 1908, стр. 500 и сл.; 1909, стр. 321; 1911, стр. 643; 1913, стр. 726; Wigand, 1909, стр. 442.

[4] Цвет β-серы, когда она выделяется из расплавленного состояния, красный, но если она выделяется из растворов,— она светлая, желтовато-белая. Красный цвет зависит от примеси каких-то органических соединений.— Ср. Muthmann, 1890, стр. 346.

[5] 95,6° по Рейхеру, 97,6° по Жернезу (Reicher, 1884, стр. 603; Gernez, 1884).

[6] A. Smith u. W. Holmes, 1903, стр. 477; Kruyt, 1908, стр. 550. Виганд дает большее число — 118,95° (Wigand, 1909, стр. 456).

[7] О сложном характере жидкой серы, относимой к так называемой динамической изомерии, см. любопытную работу Kruyt, 1908, стр. 514 и сл. О возражениях ему см. Smits, 1913, стр. 221.

изучена. Аморфная сера входит в состав организмов и, может быть, даже находится в виде своеобразного раствора в кристаллах и кристаллических массах α-S (судя по опытам Круйта)[1].

244. α-сера кристаллизуется в ромбической системе, в строении $3\lambda^2 3Pc$, с отношением осей 0,8131 : 1 : 1,9034[2]. В кристаллах ее преобладают пирамидальные формы полногранного облика (рис. 84); наиболее развиты формы {111}·{1$\bar{1}$1} или {113}·{1$\bar{1}$3} и {001}, кроме того, довольно часто находятся {011}·{101}·{110} (рис. 85). Кристаллы серы нередко отличаются богатством комбинаций[3] (рис. 86). Сфеноидальные комбинации редки (например, рис. 87).

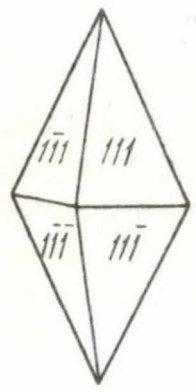


Рис. 84. Комбинация серы из двух сфеноидов

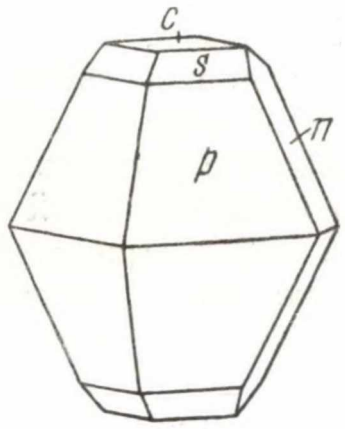


Рис. 85. Обычная комбинация самородной серы α-S

p {111}, {1$\bar{1}$1}, n {011}, s {113}, {1$\bar{1}$3}, c {001}

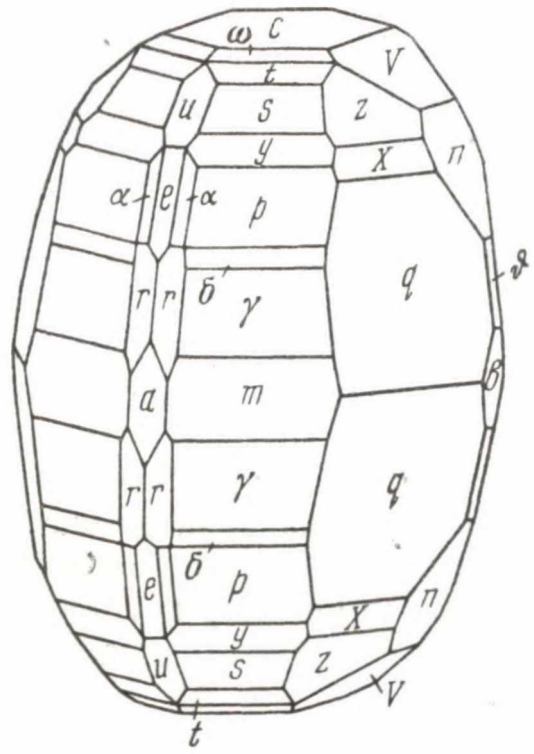


Рис. 86. Кристалл серы с о-ва Саба. По Моленграфу, 1888.

c {001}, y {112}, ω {117}, t {115}, s {113}, p {111}, δ {221}, γ {331}, m {110}, u {103}, e {101}, a {100}, r {311}, α {313}, z {135}, x {133}, q {131}, v {013}, n {011}, ϑ {031}, b {010}.

Пирамиды взяты в голоэдрической комбинации.

Обычно пирамидальные плоскости дополнительных сфеноидов развиты одинаково.

Двойники срастания редки; они наблюдались по нескольким законам по {101}, {011}, {110} и {111} (рис. 88). Двойники прорастания неизвестны. Довольно обычны параллельные сростки, причем этим путем получаются ложные плоскости призмы, исштрихованные параллельно ребру {111 : 001}

---

[1] О нахождении в природе чистого серного цвета см. Сидоренко, 1904, стр. 28. Ср. также сульфурит — Rinne, 1902, стр. 500. Наблюдался переход растворимой серы в коллоидальную нерастворимую μ-S; это фотохимический процесс α-S $\rightleftarrows$ μ-S, причем μ-S — коллоид; процесс идет в ту и другую сторону быстрее при более высоких температурах. См. Wigand, 1911, стр. 423.

[2] Кокшаров, 1870 (2), стр. 369; Beckmann, 1913, стр. 886. О кристаллической форме см. Goldschmidt, 1891; E. Dana, 1892; C. Hintze, I, 1898, стр. 75; Вернадский, 1902, стр. 487; Bichowsky, 1919, стр. 128; Quercigh, 1923, стр. 249. [По рентгеновским данным, $a_0 : b_0 : c_0 = 0{,}811 : 1 : 1{,}900$].

[3] Флетчер описал кристаллы серы с 76 плоскостями (Fletcher, 1880).

(рис. 89), образованные сфеноидами. Параллельные сростки серы могут давать очень причудливые образования (рис. 90—91).

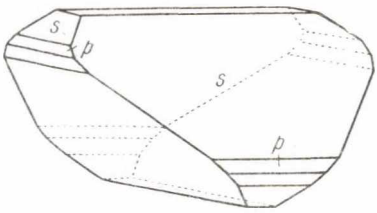


Рис. 87. Сера из Ракальмуто, Сицилия.

По Рату, 1873.

p {111}, {$1\bar{1}1$}, S {113}, {$1\bar{1}3$}

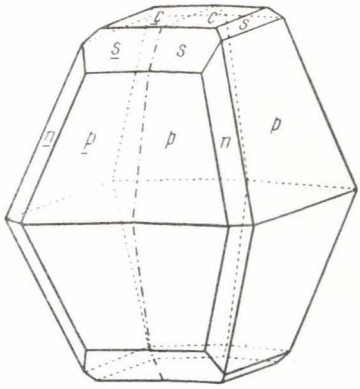


Рис. 88. Двойник серы по {110} из Каттолико в Сицилии.

По Рату, 1875.

s {113}, {$1\bar{1}3$}, n {011}, c {001}, p {111}, {$1\bar{1}1$}

Кроме нахождения в кристаллических полиэдрах, которые обыкновенно образуют друзы, α-сера встречается в сплошных кристаллических

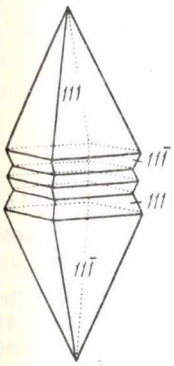


Рис. 89. Параллельный сросток серы из Сицилии.

По Шрауфу, 1860.

Комбинации рис. 84

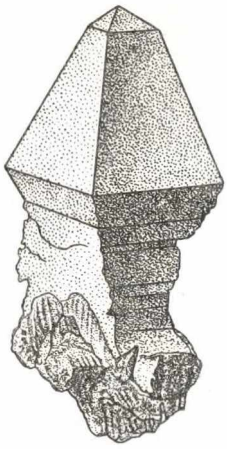


Рис. 90. Параллельный сросток серы из Романьи, Италия.

По Бомбиччи, 1894

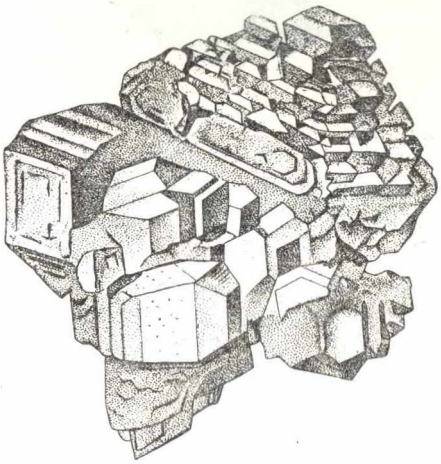


Рис. 91. Параллельные сростки серы из Романьи, Италия.

По Бомбиччи, 1894

массах зернистого, реже волокнистого[1] строения, в тонких порошковатых и землистых стяжениях. Зернистые массы чистой серы иногда образовывали

[1] Обычно в параморфозах по β-сере. Волокнистая сера давно указана в Сиене; K. Leonhard, 1853, стр. 275.

большие глыбы; так, Доломье наблюдал в Сицилии в XVIII столетии куски чистой серы до 6 м мощностью[1]. Землистая сера — «серная руда» — нередко является параморфозой α-серы по β-сере (и, может быть, по γ-сере). Иногда α-сера является в конкрециях[2], сталактитах и сталагмитах[3] (рис. 92), в псевдоморфозах по растительным и животным остаткам: по харам, *Planorbis*, *Paludina*, *Lymnaeus* и т. д. (например, в олигоценовых слоях в Теруэль в Арагонии)[4]. Иногда она образует «песок»—например, на о-ве Челекен и т. д.[5]

Из вулканических (кратеровидных) озер в Японии сера выделялась в форме о о л и т о в. Сейчас такое выделение (разложением H_2S) наблюдается в оз. Ичибишинаи (в юго-западной части Кунашири, Курильские острова)[6].

245. β-с е р а в природе изредка выкристаллизовывается в кристаллах[7] моноклинной системы, выпадая из растворов (может быть в связи с нефтью)[8] или из жидкой серы в вулканах[9]. Кристаллы ее в природе представляют пластинки по {001}

Рис. 92. Сера из Кукурт-Баш-лар, Кукурт-Тау, Темирханшурского окр. Дагестанской обл.

Коллекция Московского университета. Поступила от проф. В. В. Марковникова в 1893 г. Фото Н. И. Сургунова

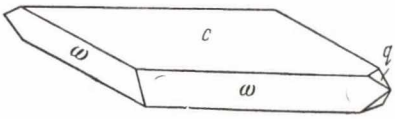


Рис. 93. Кристалл β-серы из Еникале.
По Попову, 1901.
c {001}, q {011}, ω {1$\bar{1}$1}

(рис. 93). Отношение осей, по Митчерлиху, $a:b:c=0{,}9957:1:0{,}9998$; $\beta=84°14'$.

Гораздо чаще, чем в виде кристаллических полиэдров, β-сера в при-

[1] K. L e o n h a r d, 1853, стр. 277.

[2] Например, шары α-S из Радобоя в Хорватии, в сарматских мергелях. Эти конкреции достигают 10,5 кг и содержат 90% серы — K i š p a t i č, 1901, стр. 13.

[3] Как в вулканах, например на о-ве Вулкано (R a t h, 1874, стр. 358), так и в местах выхода H_2S—например, в Кукурт-Тау в Дагестане (Н. Б а р б о т д е М а р н и, 1894, стр. 395; 1896, стр. 24) или Бекс в Швейцарии (C. H i n t z e, I, 1898, стр. 80).

[4] B r a u n, 1841, стр. 171; C a l d e r o n u. T e n n e, 1902, стр. 3. Другие случаи см. B l u m, IV, 1879, стр. 170.

[5] О других физических свойствах α-серы см. указанные сводки Гинтце, Грота, Линне. Странным образом,— фигуры вытравления не изучены. О штриховке см. В е р н а д с к и й, 1902, стр. 495. Ср. любопытные наблюдения над скульптурой плоскостей у B o m b i c c i, 1894.

[6] O i n o u g i, 1916, стр. 806.

[7] О кристаллах природной β-серы см. С. П о п о в, 1900, стр. 481. О ее кристаллизации — M i t s c h e r l i c h, 1825, стр. 46; M u t h m a n n, 1890, стр. 344. Очень странную, с другим отклонением осей, серу (моноклиническую) описывает Сузуки из Рейсуико в Японии (вулканическую) (S u z u k i, 1915, стр. 232 и сл.).

[8] Ср. В е р н а д с к и й, 1899, стр. 105; С. П о п о в, 1900, стр. 483.

[9] R a t h, 1874, стр. 359 — по указанию Г. Розе.

роде образует сплошные массы, состоящие из перепутанных волокнистых кристаллов. Эти плотные массы в конце концов дают тонкокристаллическую α-серу (параморфоза α-серы по β-сере). Образуется в больших количествах на Вулкано в виде кристаллов в пустотах породы[1].

К сожалению, форма выделений землистой (§ 243) и аморфной серы ближе не изучена. Первичные ее сгустки, образующие сплошные массы, должны иметь форму, близкую к ее глобулитам, изученным под микроскопом Фогельзангом, Беренсом, Брамом и другими исследователями кристаллизации серы. Вероятно, к ряду тех же образований относятся любопытные шарики и пузырьки (до 5 мм диаметром) серы, наблюдаемые в некоторых горячих озерах и вулканических областях Японии, например, в горячих озерах вулкана Ширанэ или в Понто, на о-ве Кунашири[2]. Сера, выбрасываемая в виде ляпилли при извержении вулканов (например в 1889 г. Ширетоко в Хоккайдо), получается застыванием расплавленной серы и, очевидно, отчасти состоит из аморфной серы. Аморфная сера выделяется в Вулкано при температуре между 100—110°, при 90—100° она кристаллизуется[3].

γ-сера (розицкит) — редкая, моноклинной системы. Отношение осей, по Мутману, $a : в : c = 1{,}0609 : 1 : 0{,}7094$; $\beta = 91°47'$ (на искусственных кристаллах). Пластинчатая по {010}; развиты формы {001}, {101}, {201}, {100}[3]. В фумаролах Вулкано на Липарских островах.

Жидкая сера иногда образует лавовые потоки, несущие кристаллики серы, например, при извержении Цуругизана (провинция Уго в Японии) или Киритомедайра (провинция Рикуху в Японии)[4]. Гораздо чаще жидкая сера образует небольшие скопления в форме капель.

Наконец, нельзя оставить без внимания формы нахождения в земной коре газообразной серы. Она наблюдается, с одной стороны, в виде газовых струй во время вулканических извержений (см. § 315), а с другой — в виде газовых испарений, например, при высокой температуре, из жидкой или горячей серы. Но испарения серы должны наблюдаться и при обыкновенной температуре, везде на земной поверхности, так как твердая сера обладает упругостью пара[5].

246. Нахождение в земной коре. Самородная сера встречается исключительно на земной поверхности. Ее образование может быть сведено к следующим немногим типам. Она выделяется:

1) при вулканических извержениях: в первой стадии извержений путем прямой возгонки, позже, и гораздо чаще, путем распадения газообразных соединений серы;

2) при поверхностном разложении сульфосолей и сернистых соединений металлов;

3) при раскислении сернокислых соединений различного происхождения (главным образом гипсов);

4) при разрушении органических соединений, главным образом богатых серой асфальтов и нефтей, а равно и

5) при разрушении органического вещества организмов.

---

[1] Fiore, 1915, стр. 33; Panichi, 1912, стр. 253.

[2] Fukuchi, 1907, стр. 128—129. О нахождении расплавленной серы во время пожаров серных копей см. Rath, 1874, стр. 356.

[3] О нахождении аморфной и γ-серы см. Fiore, 1915, стр. 33—35; Panichi, 1911.

[4] Fukuchi, 1907, стр. 128—129. О нахождении расплавленной серы во время пожаров серных копей см. Rath, 1874, стр. 356.

[5] Hallock, 1889, стр. 405. О газообразной сере см. § 242. О парах серы при вулканах см. Boussingault, 1833, стр. 23; Daya. Shepherd, 1913 (2), стр. 1028; Brun, 1911, стр. 168 и сл.

Во всех этих случаях сера почти всегда образуется, в конце концов, распадением летучих своих соединений, главным образом H_2S и отчасти SO_2 или SO_3, которые являются промежуточными продуктами при распадении других сернистых тел; она может, очевидно, образовываться и вообще:

6) разложением H_2S (и SO_2) на земной поверхности, какого бы происхождения ни были эти газы.

Таким образом, кажущееся разнообразие генезиса самородной серы сводится, в конце концов, к распадению ее газообразных соединений под влиянием кислорода воздуха и организмов. Наблюдения над залежами серы дают нам еще другое указание для ее истории: все эти месторождения серы новы, молоды в земной коре.

Главные ее месторождения относятся к неогену. В осадочных слоях древнее третичной системы нет мало-мальски мощных ее отложений; с другой стороны, нам известны многочисленные случаи, когда образование ее свойственно длящимся, современным нам процессам. Очень возможно, что древние осадочные слои, заключающие серу (например Сюкеево, § 266), не дают понятия о ее возрасте; она в них является новообразованием. Таким образом, ее запас постоянно возобновляется и, очевидно, также постепенно исчезает, ибо количество ее на земной поверхности не увеличивается и она отсутствует в метаморфических породах.

Следовательно, в истории самородной серы в земной коре, подобно многим другим случаям (ср. § 31 и сл.), мы наблюдаем давно установившееся равновесие. Самородная сера является отдельным звеном сложного химического процесса.

247. Во всех этих случаях, в конце концов, первоисточником самородной серы являются магмы, где сера находится в связанном состоянии. Она здесь: 1) или входит в сложные алюмосиликатовые ядра (группы нефелина), 2) или выпадает в виде сернистых металлов, 3) или выделяется в виде газообразных соединений — H_2S, SO_2, SO_3, реже — паров серы. Впрочем, не исключена возможность нахождения и более сложных тел — сульфокремнистых и сульфо-алюмосиликатов, на нахождение которых в массивных породах есть некоторые указания[1]. Как бы то ни было, сера почти всегда находится в магмах в виде химических соединений.

В тесной связи с магмами находится и та сера, которая выделяется в виде металлических соединений или сульфатов в жилах.

Непосредственно, путем простого разрушения всех этих минералов, редко когда происходят значительные скопления самородной серы. Ее главные массы обычно приурочены к осадочным породам, в которых она выделяется из гипса или из H_2S, связанных или с разложением или с жизнедеятельностью организмов. В организмы всегда входит значительное количество серы, являющейся одной из важных и постоянных составных частей белковых тел. Организмы добывают нужную им серу прямо или косвенно из минералов, связанных с магматическими процессами. При распадении органических тел или в местах, где скопляются продукты их гниения, обычна самородная сера.

Наблюдения этого рода были сделаны еще в конце XVIII столетия, обобщены Деламетри, но для объяснения образования природных залежей серы впервые были применены в 1830-х годах Джеммелларо. Еще раньше Стеффенс связывал всю самородную серу с гипсом. Джеммелларо

[1] Gautier, 1906, стр. 351 и сл.

объяснил разложением органического гниющего вещества образование третичных залежей Сицилии (§ 256), являющихся одним из величайших скоплений серы на земном шаре. Несмотря на большие преувеличения, к каким свел свою мысль Джеммелларо[1], новейшие наблюдения приводят к выводу, что, действительно, самородная сера в огромном большинстве случаев различным путем образуется в связи с жизнедеятельностью организмов; она или проходит через строящие их вещества, или образуется при их жизненных процессах, или выпадает под действием образовавшихся из них веществ на заключающие серу минералы. Конечно, в конце концов, генезис самородной серы, связанный с жизнедеятельностью организмов, может считаться результатом действия солнечной энергии на земной поверхности, ибо организмы играют в химических процессах Земли роль аккумуляторов энергии Солнца.

248. В виде налета и небольших кристаллических или зернистых масс сера встречается при всяком вулканическом извержении. Повидимому, вначале она выделяется возгонкой[2] в первых самых горячих, сухих фумаролах вулканических извержений[3]. При падении температуры, когда кислород начинает окислять другие газообразные тела, с ними выделяющиеся, сера переходит отчасти в SO_2. Этот газ характеризует вторую стадию фумарольного процесса. Наконец, в третьей стадии появляются H_2S и сульфаты.

Самородная сера является здесь отчасти продуктом химических реакций. Горячие пары непосредственно входят во взаимодействие:

$$SO_2 + H_2S = H_2O + O + 2S.$$

Огромные количества такой серы образуются в так называемых сольфатарах. Большая сольфатара около Поццуоли близ Неаполя[4] (рис. 94) выделяет серу непрерывно уже целые столетия; одновременно выделяется SO_3[5], который дает начало множеству разнообразных продуктов (гипс, квасцы, галотрихит и т. д.). Одновременно выпадают другие соединения, как, например, реальгар. Такие сольфатары в Исландии, около Попокатепетля в Мексике[6], на о-ве Милос, Папандаяне на Яве[7] и т. д. выделяли большие количества серы, дававшие начало разработке. Сера сольфатар иногда содержит Se (Липарские острова), Te (Япония), As (Папандаян на Яве). Нельзя не отметить, что образование серы в сольфатарах идет разным путем, и очень возможно, что сера, содержащая эти элементы, получается в наиболее горячих, сухих сольфатарах, не содер-

[1] Gemmellaro, 1834, стр. 324; 1835, стр. 1 и сл. Указав на значение органических (животных) тел для образования серы, Джеммелларо пошел по этому пути дальше и пытался свести к этому источнику всю самородную серу земной коры. Ср. ниже для гипса (§ 255).

[2] О газообразной сере см. Ch. Sainte Claire Deville, 1857, стр. 262; F. Clarke, 1908, стр. 220, 236. Возражения см. у Lapparent, 1906, стр. 417. Однако состав такой серы, заключающей нередко Se и Te, говорит ясно в пользу ее происхождения, отличного от обычной серы (ср. ниже). На существование паров S указывает и нахождение в вулканах расплавленной серы (§ 243).

[3] F. Clarke, 1908, стр. 236.

[4] Jervis, 1874, стр. 562 и сл.; Lucas, 1882; Stefani, 1907, стр. 19 и сл.

[5] Окислением SO_2.

[6] По указанию Родса, на Попокатепетле теперь нет больших серных залежей. Сольфатары выделяют мало серы (Rhodes, 1904, стр. 730).

[7] Небольшая сольфатара Kawah-mas на Папандаяне все время выделяет серу. Почва покрыта корой в несколько миллиметров толщиной. Ее разрабатывают туземцы. См. Volz, 1904, стр. 127—128; Van Heck, 1906, стр. 174; Brun, 1909 (1), стр. 113.

жащих паров воды, простой возгонкой, а не образуется распадением H_2S или SO_2.

Образование сольфатар, как известно, не является случайным процессом в истории вулканов. Оно составляет определенную стадию в истории вулкана. Как в современную геологическую эпоху, так и в прежние, вулкан заканчивает и начинает свою деятельность стадией сольфатар. В настоящее время нам известно более сотни таких сольфатар, непрерывно выделяющих серу на земной поверхности[1]. Ежегодно образуется этим путем, вероятно, много сотен тысяч тонн самородной серы.

Рис. 94. Сольфатара Бокка-Гранде близ Поццуоли, Италия.

По Меркалли, 1907

К сожалению, у нас нет точных наблюдений и измерений в этом направлении даже для нашего времени. Очевидно, необходимо допустить неизменность сольфатарного выделения серы и в другие геологические эпохи, хотя продукты сольфатарных процессов быстро изменяются и не сохраняются в древних геологических отложениях. Больше того, несомненно были периоды в истории Земли, когда повышалась интенсивность вулканических процессов и соответственно повышалось выделение вулканической серы.

Самородная сера в сольфатарах выделяется в виде рыхлых, легко переносимых продуктов. Эти продукты, подобно туфам, перерабатываются ветром и атмосферными осадками, давая местами обогащенные серой вторичные рыхлые месторождения (например, в Ков-Крик в южном Юта[2] и т. д.). Такие вторичные отложения сольфатарной серы могут временами сохраняться в верхней части литосферы в течение геологических периодов.

249. Другую стадию истории магм представляют некоторые горя-

[1] По далеко не полному каталогу Меркалли (Mercalli, 1907) действующих сольфатар (с многими отдушинами) можно насчитать около 85. Но к этому числу надо прибавить потухшие вулканы, исторически активные. Их считается более 100, и они также могут давать сольфатары. В Африке, по данным Зиммера (Simmer, 1906), можно насчитать около 18 сольфатар, причем группы сольфатар одной вулканической области при этом подсчете принимаются за одну сольфатару. Африка является одним из слабо изученных геологически континентов, так что, очевидно, это число сольфатар минимальное.

[2] J. Russell, 1882, стр. 170.

чие источники, как известно, иногда тесно связанные с сольфатарами[1]. Эти горячие источники изучены еще меньше сольфатар.

Обычно такие горячие источники связаны с вулканическими процессами. Их образование обусловлено климатическими условиями (обилием осадков) или характером течения подземных вод подпочвенных водных горизонтов, не дозволяющих образования сольфатар — скопления их сухих продуктов. Такие источники, в сущности, являются сольфатарными, богатыми водой, сольфатарными растворами. Таковы, например, знаменитые Стимбот-Спрингс (между Карсон и Рено в Неваде). Они выделяют опал, $CaCO_3$, серу, сульфиды и т. д.

Иногда мы наблюдаем такие источники в ископаемом состоянии, видим только их продукты; так, например, около Гумбольдт-Хаус в Неваде наблюдаются многочисленные кратеры совершенно замерших горячих источников мощностью 6—15 м; кратеры эти состоят из туфовых слоев, $CaCO_3$ и SiO_2, а внутри заключают гипс, местами содержащий серу[2].

Процесс выделения серы в этих горячих серных источниках далеко не всегда состоит в разложении летучих ее соединений. Известны случаи, где сера выделяется в стенках источников более сложными химическими процессами — метасоматическим путем. Так, например, около Термополиса в Вайоминге плотная сера замещает палеозойские известняки, образующие стенки горячих источников[3], дает как бы псевдоморфозы по ним.

Обычно горячие источники этого типа не отделяются от других горячих источников, а потому мы не можем ясно исчислить значение этого процесса в истории земной коры. Но нет сомнения, что многие случаи выделения S распадением H_2S источников (§ 258) должны быть отнесены к этому типу ее генезиса — к влажным сольфатарам.

250. По характеру выделений самородной серы и по ее парагенезису близки к этим случаям явления, далекие от вулканизма по своему происхождению. Это выделения самородной серы во время ложных вулканических процессов. Таковы ее месторождения, которые получаются при каменноугольных пожарах[4] или при самовозгорании пирита или марказита[5]. Очень возможно, что и при каменноугольных пожарах FeS_2 является главным источником серы, но она может получаться и из сложных органических соединений угля, несомненно содержащих серу (так называемая «органическая сера» анализов горючего). Аналогично выделение серы при пожарах нефтеносных сланцев, где источником ее являются сульфаты или органические соединения серы — мабериты и т. д. Таково, например, месторождение серы в графстве Сент-Барбара в Калифорнии, в Гресиоза-Ридж[6].

Больших количеств серы этим путем не получается, но местами все-таки она собиралась в заметных массах. Процессы этого рода кое-где длятся веками и являются обычными в истории как каменного угля, так и серного колчедана. Они являются совсем не исключительной стадией в вековой истории этих тел, ибо для них всегда есть все шансы неизбежного самовозгорания в геологически продолжительное время.

251. Еще большее значение имеет образование серы путем разложения сернистых металлов, главным образом —

---

[1] Knebel, 1907, стр. 103 и сл.
[2] J. Russell, 1882, стр. 172.
[3] Woodruff, 1909, стр. 377.
[4] K. Leonhard, 1853, стр. 294.
[5] Loretz, 1863, стр. 673; Арцруни, 1884, стр. 339.
[6] Arnold a. Anderson, 1907, стр. 751.

многосернистых соединений. Кое-где этот процесс шел в огромных размерах и дал начало значительным скоплениям самородной серы.

Это процесс чисто поверхностный, связанный с образованием H_2S, SO_3 и SO_2; он происходит под влиянием воды и кислорода воздуха, но механизм его далеко не ясен и может быть разнообразен. В общем можно сказать, что сера образуется здесь в некоторых случаях как промежуточное соединение при превращении сернистого тела в кислородное (§ 19).

Самородная сера образуется в земной коре этим путем: 1) из многосернистых тел, 2) из галенита, антимонита, алабандина и, может быть, 3) из некоторых сульфосолей.

Многосернистые металлы, пирит и марказит — FeS_2, чрезвычайно легко отделяют одну часть серы, переходя в Fe_nS_m. Как известно, это даже служит для них диагностическим средством, отличием от пирротина. Достаточно нагреть эти минералы в запаянной трубке, чтобы получить возгон серы. Отделение серы многосернистыми металлами аналогично легкой отдаче кислорода перекисями. Помимо этого, и H_2O при высокой температуре разлагает их с выделением S и H_2S.

Еще менее ясно разложение простых сернистых соединений. Для галенита[1], может быть, дает некоторые указания существование так называемого джонстонита, т. е. тонкой физической смеси PbS с серой или более богатым серой PbS_2. Причины выделения серы при распадении антимонита и алабандина совсем неясны.

252. Такое разложение пирита очень часто происходит в жилах. При этом железо пирита уносится, и в верхних частях жил, в пустоте, оставшейся от исчезнувшего кристаллика пирита, выделяется кристаллический порошок серы; такова, например, сера, встреченная в XVIII веке, при начале разработки Березовских[2], Нерчинских[3] и других рудников Урала или Сибири. Такое распадение обычно для самых верхних горизонтов жильных месторождений и наблюдается при начале разработок в очень многих местах земной коры. Так образовалась сера в Пестеровском прииске Ала-Тау[4], в Южной Каролине[5], во многих французских месторождениях[6], в Георгии[7] и т. д.

В тех случаях, когда такой процесс изменения пирита идет в мощных его залежах, могут образоваться заметные отложения самородной серы; например, так образовались ее месторождения около Соймоновска в Кыштымском округе на Урале, в некоторых местностях Северной Каролины[8] и т. д.

Пирит и марказит являются телами чрезвычайно разнообразного генезиса, и в тех случаях, когда они рассеяны в каменных или бурых углях, где образовались распадением серосодержащего органического вещества, они могут дать этим путем начало самородной сере, помимо той серы, которая получается их самовозгоранием (§ 250). Такая сера очень обычна и многократно обращала на себя внимание человека. Иногда

---

[1] Джонстонит и близкие к нему тела — см. J. Roth, 1879, стр. 106—107. См. также Busz, 1888, стр. 616.

[2] И. Герман, 1789; 1793 (2), стр. 350; Вернадский, 1902, стр. 480.

[3] И. Герман, 1793 (2), стр. 350.

[4] Щуровский, 1846, стр. 228.

[5] Cobb, 1894, стр. 30 (Грин-Плейс, графство Йорк).

[6] Lacroix, 1897, стр. 376 и сл.

[7] Гроддек, 1889, стр. 119 — по Креднеру.

[8] Genth, 1891, стр. 21.

она наблюдается в виде значительных скоплений, например в Северном Китае, в местах выхода каменных углей, богатых серой[1].

Вероятно, сера, столь обычная[2] среди залежей бурого угля, образуется тем же путем, хотя возможно и выделение ее разложением содержащих серу органических соединений.

Несмотря на многочисленность этих месторождений, самый процесс образования самородной серы неясен и требует исследования.

253. Путем других химических реакций должна образовываться самородная сера из простых сернистых соединений; как указано (§ 252), она иногда выпадает из антимонита (Шлайнинг[3], Альхар в Македонии[4] и т. д.) и из галенита; может быть, образуется распадением и других простых сернистых минералов[5]. Едва ли этим путем выделяются большие скопления самородной серы. Химическая реакция, которая при этом идет, вероятно, очень сложна.

Точно так же мало известен процесс выделения серы, который наблюдается в некоторых случаях при изменении (метаморфизации?) сульфосолей. Такая сера выделяется в исключительных случаях при распадении бурнонита или энаргита. О ходе процесса мы можем делать только догадки, и он не играет видной роли в земной коре.

254. Отдельно должен быть поставлен процесс распадения, с выделением самородной серы, сернистых соединений, коллоидальных или гидратных, образующихся в грязи морей или озер (ср. § 259, 261). По наблюдению Буканана, количество свободной серы в океанической грязи не превышает 0,003%. Может быть, ее несколько больше в прибрежной и заливной грязи. Однако, во всяком случае, количество серы, выделяемой из соединений на дне океанов, значительно меньше того ее количества, которое вносится в океаны в виде сульфатов[6].

Здесь выпадают, может быть в связи с жизнедеятельностью низших организмов, сернистые соединения железа и марганца, вероятнее — их гидраты[7], и при их распадении выделяется порошковатая самородная сера[8]. Очень возможно, что и само выделение серы связано с жизнедеятельностью низших организмов (§ 259). К сожалению, процесс ее образования химически не выяснен.

---

[1] Leprince Ringuet, 1901, стр. 396. В малом количестве сера этим путем получается в каменноугольных залежах нередко.

[2] Примеры см. у K. Leonhard, 1853, стр. 276. Леонгард указывает, что сера выделяется и в коллекциях на образцах лигнита. Ср. также Loretz, 1863, стр. 670.

[3] Schmidt, 1898, стр. 210.

[4] Foullon, 1890, стр. 318—одновременно выделялись гипс и кислородные соединения сурьмы. Выделение гипса и серы, может быть, указывает на вторичную реакцию $H_2S + CaCO_3$.

[5] Рот (J. Roth, 1879, стр. 107) допускает образование ее из алабандина — MnS. Он ссылается на работы Буркарта и Гефера. Однако Буркарт (Burkart, 1866, стр. 409) указывает на нахождение алабандина с серой, галенитом, халькопиритом, блеклой рудой и т. д. (в руднике Пресиоза-Сангве-де-Кристо около Оризабы в Мексике) при условиях, совершенно не дозволяющих выяснить генезис серы. Гефер для Нагиага (H. Höfer, 1866, стр. 18—19) указывает на пленки серы, покрывающие кристаллы алабандина, и на чрезвычайно редкое ее нахождение в пустотах алабандина, но не решается высказать мнение о ее генезисе, допуская даже возможность ее первичного образования.

[6] Buchanan, 1891; Murraya. Hjort, 1912, стр. 181; Murraya. Irving, 1893, стр. 481; Murray, 1900, стр. 673.

[7] См. Веригo, 1899, стр. LIII. Гидрат сернистого железа — гидротроилит, по Сидоренко (1897, стр. 127; 1901, стр. 97).

[8] Buchanan, 1891, стр. 17—30. Принадлежность этой серы, существование которой дознано химически, к α-сере не доказана. Такая же сера находится в иле Черного моря (Сидоренко, 1897, стр. 130).

Любопытно, что при распадении этих гидратов в осадочных породах сера не выделяется. Здесь эти гидраты или переходят в многосернистые тела — пирит и марказит, или дают сульфаты (купоросы).

255. Гораздо большее значение имеют серные месторождения, происшедшие путем распадения простых и сложных сульфатов, главным образом гипса, гораздо реже—других тел, например барита[1], квасцового камня[2], целестина[3] и пр.

Главная масса самородной серы земной коры связана с распадением гипса (отчасти ангидрита), этого наиболее важного, тесно связанного с процессами жизнедеятельности организмов, сернокислого соединения земной поверхности. Какого бы происхождения гипс ни был, он всюду в присутствии органических веществ разлагается и, как показал еще Стеффенс в начале XIX века, эти продукты разложения гипса в присутствии воды дают сероводород, распадением которого происходит самородная сера. В природе гипс часто генетически связан с органическими веществами. Так, образуясь из водных и озерных бассейнов, он непосредственно приходит в соприкосновение с продуктами разложения организмов; на земной поверхности обтекающая гипс вода постоянно заключает органические вещества[4]. Поэтому они часто проникают в кристаллы гипса, дают в нем растворы.

Схема вызванного ими разложения гипса может быть выражена следующей формулой:

$$CaSO_4 \cdot 2H_2O + 2C = CaS + 2CO_2 + 2H_2O.$$

Одновременно, под влиянием воды и углекислоты, начинается обратная реакция:

$$CaS + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + H_2S.$$

В этой схеме[5] гипотетичным является образование CaS (ольдгамита), который до сих пор научно не констатирован в земной коре[6]. Однако, если при данных условиях образуется не CaS, то неизбежно должен выделяться какой-нибудь другой продукт, который легко разлагался бы под влиянием H_2O, с выделением H_2S, ибо образование серы из гипса всегда связано с выделением H_2S. Этот газ неустойчив и на земной поверхности окисляется различными процессами, давая самородную серу (§ 259).

Так или иначе, сероводород образуется в земной коре из гипса и других сульфатов в огромных количествах. Всюду в толщах гипса находятся многочисленные серные источники, которые выделяют сероводород и затем серу. Едва ли есть хотя бы одна залежь гипса, где бы этот про-

[1] Например, в Пестеровском прииске на Алтае (Щуровский, 1846, стр. 228); Гуитцуко в Мексике (Landeiro, 1891, стр. 49).

[2] Например, в Равен-де-ла-Крэ, около Пюи-де-Дома в Оверни (Daubrée, 1862, стр. 70).

[3] Например, в различных местностях среди целестиновых пород Нью-Йорка и Мичигана (Kraus u. Hunt, 1906, стр. 5). Авторы предполагают процесс аналогичным распадению гипса. Сера, по их мнению, выпадает из SrS. Этот процесс указывал уже Daubrée (1862, стр. 70 и сл.).

[4] По мнению Надсона (1903, стр. 79—80), восстановителем гипса является не органическое вещество, а водород, выделяемый низшими организмами при разных реакциях разложения.

[5] Ср. Daubrée, 1862, стр. 70 и сл. Может быть дана и другая схема, связанная с образованием $Ca(HS)_2$ — также совершенно гипотетического продукта. Об этом см. Сидоренко, 1904, стр. 31—32. О гипотетичности всех этих схем см. Надсон, 1903, стр. 78.

[6] В желваках серы в дилювиальных слоях Мертвого моря указывается присутствие следов CaS (Blanckenhorn, 1896, стр. 47).

цесс не был выражен в большей или меньшей степени, в то или иное время ее истории.

256. К числу месторождений серы, связанных с гипсами, относятся и богатейшие в мире месторождения Сицилии.

Залежи самородной серы расположены здесь южнее центральной Мадуанской цепи гор, проходящей через всю Сицилию; лишь небольшое Леркарское месторождение (в провинции Палермо) лежит севернее Мадуанских гор. Наибольшая длина площади, занятой серными месторождениями, равна 160 км, наибольшая ширина (от Ликаты до Никозии) достигает 90 км, а общая площадь, занятая серными месторождениями, должна исчисляться в 800 км^2. Залежи серы не лежат непрерывными пластами; они распадаются на отдельные более богатые участки, из которых наиболее важны месторождения около Леркары, Ракальмуто, Кальтанизетты, Джибеллины и т. д.

Самородная сера находится в морских третичных отложениях, относящихся к нижнему плиоцену (по некоторым определениям — верхнему миоцену), местами прикрытых верхним плиоценом и отложениями четвертичной эпохи. Эти морские отложения образовались на дне лагун, мелких бассейнов. Под ними лежат мезозойские и эоценовые слои — известняки, глины, мергели. В строении серных месторождений резко сказались физико-географические условия их образования: явления замирания мелководных морских и солонцоватых бассейнов, химические реакции, в них происходившие. В основании среднетретичных слоев лежат песчанистые глины, богатые гипсом и каменной солью. Над ними находится мощный слой трепела (60—70 м и до 150 м), подстилающий серно-гипсовую формацию. Эта последняя состоит из глин, гипсов, известняков, содержащих серу, песчаников.

Серная руда образует пласты мощностью 1,5—2 м, иногда до 30 м. Местами наблюдается несколько ее пластов в одном и том же месторождении. Характерно, по опытам Специа, постоянное нахождение стронциевых соединений в слоях, богатых самородной серой. Серно-гипсовая формация в среднем достигает мощности 100 м, иногда 150 м. Обычно снизу сера встречается отдельными включениями в известняках; кверху скопления серы неправильной формы все увеличиваются и, наконец, прикрываются гипсами. В гипсах также встречаются богатые скопления серы.

Вся эта местность сильно дислоцирована, и эти дислокации вызвали процессы вторичной метаморфизации серы; может быть, этими процессами объясняется выделение CO_2, H_2S, наблюдаемое местами образование различных сопровождающих серу кристаллизованных минералов, особенно целестина. Всюду здесь сера сопровождается асфальтом, нефтью, газообразными углеводородами. Подавляющая масса руды состоит из землистой серы; известняк, заключающий 8—10% серы, составляет уже хорошую серную руду; однако известны более мощные отложения, дававшие 30% чистой серы в среднем (например Перниче, около Ракальмуто). Были даже слои, состоявшие на 80—90% из самородной серы. В небольших количествах сера рассеяна, однако, во всех третичных (от эоцена до плиоцена) слоях острова.

Уже из этого описания ясно образование сицилийской серы на месте, путем обычных химических процессов, идущих в морской грязи, в осадочных отложениях, вне участия вулканических процессов, но такое объяснение проникало в науку медленно, вследствие грандиозных размеров сицилийских месторождений. Впервые в 1810 г. аббат Ф. Феррара определенно указал на необходимость признать для сицилийской серы м о р-

с к о е происхождение[1]; в 1830-х годах Джеммелларо (§ 247) указал на значение организмов в ее образовании. Но мы не имеем здесь простого химического процесса. Сера образовалась сложным распадением остатков организмов в присутствии морских солей и, может быть, при участии метаморфических процессов. В образовании ее здесь участвовали углеводороды, может быть, частью происшедшие из организмов: в результате их действия на гипс должно было идти образование $CaCO_3$ и S, причем процент S может при этом процессе доходить до 24. Это количество как раз отвечает богатой серной руде. Но вполне возможно, что часть сероводорода образовалась в этих местах помимо гипса, давая обычным образом (§ 259) начало отложениям серы. Несомненно, сера этих месторождений выделилась не одновременно. Различают по крайней мере два разных выделения самородной серы: первое — одновременно с образованием $CaCO_3$, мергеля или известняка и второе,— когда сера выделялась много позже, после отложения известняка[2]. Процесс ее выделения длится до сих пор, и, несомненно, в этих колоссальных скоплениях самородной серы шли разнообразные процессы изменения и образования как серы, так и серных соединений в течение долгих столетий, прошедших после замирания плиоценовых мелководных морских бассейнов (§ 258).

257. Очень схожие месторождения того же или почти того же возраста известны в другой местности Италии, где развиты мощные отложения серы,— в Романье (около Чезены, Пертикары и т. д.)[3]. Здесь слои серы, перемешанные с гипсом, более богаты органическими веществами, чем сицилийские, и процесс образования серы еще не закончился, идет на наших глазах. Слои, мощностью 0,3—3 м, относятся, повидимому, к конгериевым пластам верхнего миоцена.

Аналогичны когда-то мощные слои серы в Испании, около Кадикса (Кониль и другие месторождения), где сера лежит в третичных известняках и мергелях[4], или в Галиции — в нижнемиоценовых слоях (Свощовице, Трускавице и т. п.)[5].

Месторождения этого типа широко распространены в земной коре, но нигде они не дали скоплений, сравнимых по значению с сицилийскими. Отложения Луизианы, занимающие наиболее близкое место к сицилийским, повидимому, отличны по своему генезису (§ 262). Везде в таких месторождениях можно наблюдать и теперь процесс образования серы, например, в Чарковах[6] (§ 266) или в Сюкееве[7] (§ 266). Здесь слои гипса пропитаны до сих пор органическими веществами, и хотя главная часть процесса образования серы закончилась, но она все еще временами выделяется.

Выделение серы находится в тесной связи с климатическими условиями; так, например, в северных странах нашей области главная масса серы выпадает зимой — вследствие замерзания H_2O и выделения растворенного в ней сероводорода[8]. Обычно при этом мы не имеем больших залежей серы,

---

[1] Jervis, 1881, стр. 231.

[2] Об этих важнейших месторождениях см. Mottura, 1870; 1871, стр. 375; Rath, 1873, стр. 584; Lasaulx, 1879, стр. 503 и сл.; Jervis, 1881, стр. 227 и сл.; Baldacci, 1886; Spezia, 1892; Fuchs et De Launay, 1893 (1), стр. 265 и сл.; De Launay, 1913, стр. 330, 333. О биологической гипотезе см. Bargogli-Petrucci, 1915, стр. 631, 761; Stelzner u. Bergeat, 1905—1906, стр. 457 и сл.

[3] Jervis, 1881; Bombicci, 1894.

[4] Calderon u. Tenne, 1902.

[5] Foullon, 1885, 1887; Zepharovich, 1869, стр. 229.

[6] Кандаки, 1896, стр. 324.

[7] Виленнус, 1885.

[8] Ср. Игнатьевский, 1832, стр. 184.

а наблюдаем лишь ее отложения в воде источников, временных или постоянных, образующиеся распадением гипса. Так, в богатых гипсом местностях Архангельской и Олонецкой губ. после таяния снегов идет в небольших озерцах и талых водах выделение серы, собирание которой дает начало кустарному промыслу. В более южных местах, например в Андалузии[1], процесс усиливается после дождей — может быть, в связи с жизнедеятельностью организмов, вызывающих разложение гипса. Многочисленные источники этого типа и связанные с ними небольшие месторождения серы наблюдаются всюду в слоях земной коры, богатых осадочными породами, содержащими гипсы. В Европейской России они развиты в Поволжье — в губерниях Симбирской, Самарской, Казанской[2]. К тому же типу относится сера Закаспийской обл., например Каракумской песчаной степи[3] (ср. § 270) и т. д.

258. Во всех серных залежах идут дальнейшие химические процессы под влиянием воды, изменения температуры и давления. Эти процессы усиливаются в более древних серных отложениях, например в сицилийских, подвергавшихся процессам метаморфизации или пронизанных трещинами, открывающими доступ водам, жильным выделениям (§ 256).

Наиболее резко выражается изменение серы в ее перекристаллизации, выделении ее многогранников. В отличие от серы вулканических местностей, кристаллы серы этих месторождений всегда вторичны, вызваны переработкой ее первичных, землистых (§ 245) выделений. Здесь в пустотах и трещинах серной руды идет перекристаллизация серы из водных растворов[4], доставляющая нередко в коллекции великолепные штуфы этого минерала. Многогранники серы, таким образом образованные, часто параллельные сростки, достигают иногда длины многих сантиметров, дециметра и больше.

Здесь сера сопровождается кристаллами новообразований — меланофлогита, барита, целестина, кварца, халцедона, арагонита, кальцита, образование которых шло местами одновременно с перекристаллизацией серы; местами кристаллы серы находятся внутри кристаллов горного хрусталя, выпавших из водных растворов (Пфорцгейм в Бадене, Свощовице в Галиции[5] и т. д.).

Очень возможно, что уже при перекристаллизации часть серы исчезает — переходит в новые соединения, так как объем серной залежи уменьшается и перекристаллизация идет в водных растворах, богатых кислородом или содержащих вещества, способствующие окислению тонко раздробленной серы (§ 263). Этим окислением как бы завершается цикл ее истории на земной поверхности.

Нельзя не отметить закономерность изучаемого процесса. Повсеместность образования самородной серы из гипса особенно интересна благодаря истории гипса в осадочных породах. В них гипс прямо или косвенно связан с жизнедеятельностью организмов. Поэтому можно говорить

[1] Calderon, 1889, стр. 107.

[2] Озерский, 1867 (2), стр. 77 и сл. Ср. § 266.

[3] Маевский, 1897, стр. 75 и сл.

[4] Несомненно, γ-сера отчасти растворима в воде, особенно заключающей следы сернистых щелочей. Процесс, к сожалению, плохо выяснен. См. Любавин, 1897, стр. 167; Bütschli, 1899, стр. 279; Engel, 1891, стр. 867; Moissan, 1902, стр. 1282. Растворенная сера найдена Муассаном в воде горячего источника Бордё около Люшона. Несомненно, что частью растворена коллоидальная сера или ее гидрат. Ср. B. Linne, 1907, стр. 857, 361, 847. Коллоидальная сера поглощает воду, особенно в присутствии H, K, Na в малых количествах. Водные растворы серы связаны с диссоциацией сложных соединений, богатых серой (Bary, 1920, стр. 433).

[5] Breithaupt, 1849, стр. 27; Zepharovich, 1869, стр. 227.

об органическом происхождении выделившейся из него серы. Проходя через гипс и серный колчедан, самородная сера является окончательным продуктом распадения сложных (белковых) тел, в состав которых она входит в организме, или образуется распадением сульфатов за счет энергии, скопленной организмами.

259. Во всех случаях образования самородной серы из сульфатов самородная сера в конечном результате, как мы видели, выпадает из сероводорода. Но сероводород на земной поверхности образуется не только из сульфатов, он выделяется из тектонических трещин, при вулканических извержениях, выветривании сернистых соединений, жизнедеятельности организмов и т. д. Очевидно, самородная сера будет выпадать из сероводорода на земной поверхности, какого бы происхождения он ни был. Поэтому и парагенетические условия таких ее месторождений будут очень разнообразны.

Самый процесс распадения H_2S с выделением серы довольно сложен. Повидимому, мы имеем два резко различных способа его изменения: 1) разложение сероводорода путем простых химических реакций и 2) распадение его при участии организмов.

Сероводород в обычных условиях, в газообразном состоянии, почти не разлагается на воздухе, и при выделении в какой-нибудь местности он уносится в атмосферу, а затем окисляется и дает сернокислые и сернистокислые соединения. Но уже при более высокой температуре, в сольфатарах (§ 248) и горячих серных источниках, идет прямой процесс окисления сероводорода, связанный с выделением серы и синтезом воды. При более низких температурах тот же процесс может быть связан с более сложными реакциями, например с действием на H_2S углекислого кальция в присутствии кислорода:

$$CaCO_3 + 2H_2S + 4O = CaSO_4 \cdot 2H_2O + S + CO_2,$$

Этот процесс, повидимому, идет в природе в широких размерах и характеризуется одновременным выпадением гипса (иногда ангидрита — например, в Кукурт-Тау около Петровска[1]) и серы. Одновременное образование сернокислых солей и серы характеризует подобного рода генезис, и одновременно с этим сера выпадает, повидимому, не в форме α-серы, а в форме β-серы[1].

Гораздо резче и при более низких температурах идет окисление H_2S, находящегося в водных растворах, всюду сопровождающих газообразный H_2S в природе, так как сероводород легко растворяется в воде. Эта реакция была уже известна давно, еще в XVIII веке; она дает коллоидальную серу, но, к сожалению, совсем не изучена[2]. В природе наблюдается выделение такой серы в виде белой мути в серных источниках. В России такого рода источники широко распространены на Кавказе в связи с выходами H_2S, например в Дагестане около Петровска, около Деси, Абано и т. д., вблизи Военно-Грузинской дороги и т. д. (§ 268).

С другой стороны, при разложении организмов в морской воде или иле, при большом доступе воды, содержащей в растворе кислород, происходит прямое окисление H_2S и выделение серы за счет растворенного в воде кислорода. Такой процесс идет на берегу морей, например в небольших и мелких заливах около Гельголанда, где огромное количество водорослей омывается морем; тот же процесс идет в соленых озерах, напри-

[1] Вернадский, 1902, стр. 480.
[2] Svedberg, 1909, стр. 238 и сл.

мер в Вейсовом озере Харьковской губ.[1] Повидимому, надо отличать этот процесс окисления H_2S от его распадения под влиянием жизнедеятельности водорослей и грибов.

260. Образование серы из H_2S путем его окисления происходит еще другим образом — жизнедеятельностью организмов, главным образом серобактерий[2]. Их можно найти почти всегда в прудах и болотах, в стоячих водах, на дне которых гниют органические остатки и которые всегда содержат некоторое количество H_2S. В местах выделения H_2S — например, в лиманах, мелких морских заливах в Черном море (§ 261) и проч. — эти серобактерии образуют значительные скопления, целые колонии. Они живут и в горячих серных водах. Трудно поэтому иногда отделить процесс прямого окисления H_2S, указанный в предыдущем параграфе, от процессов, связанных с жизнедеятельностью микроорганизмов.

Серобактерии образуют разнообразные группы: бесцветные *Beggiatoa*, *Thiotrix*, *Thiophysa* и т. д., пурпуровые *Chromatium*, *Rhabdochromatium* и т. д. Эти бактерии, разлагая сероводород, выделяют жидкую серу, собирающуюся в виде капель в их клетках, где она составляет для них запасное питательное вещество. Сера иногда составляет в нитях *Beggiatoa* 95% по весу всей их массы[3]. Сера сохраняется в них лишь в присутствии H_2S; позже эти бактерии, при жизни, окисляют ее в сульфаты. Понятно поэтому, что этим путем не может образоваться значительных ее отложений при сохранении серных бактерий живыми. Жидкая сера серных бактерий часто еще до отмирания клеток переходит в аморфную, в β-серу и, наконец, в α-серу.

261. Такое участие низших организмов в образовании самородной серы вызывает усиленное накопление ее в тех участках земной коры, в которых живут эти организмы. Но, сверх того, условия жизни организмов сказываются на формах выделения серы — тонких микроскопических каплях, порошинках, микроскопических кристаллах.

Организмы, связанные с выделением серы, часто сосредоточиваются в местах, где скопляется разлагающееся органическое вещество, в среде которого они нередко живут, так как гниением организмов выделяется H_2S. Поэтому в этих местах нередко находится и самородная сера. Так, она выпадает в грязи морей и океанов, где гниют морские организмы, в лиманах Черного моря (§ 266), в речной грязи, попадается в водах океана[4].

В Черном море, на некоторой глубине, над уровнем воды, содержащей растворенный в ней H_2S, вероятно, находится тонкая пленка колоний бактерий, окисляющих H_2S и выделяющих серу[5]. Эта тонкая пленка, в общем, занимает огромные пространства, так как все нижние слои воды Черного моря лишены жизни и богаты H_2S. Однако образующаяся в этой

---

[1] Надсон, 1903, стр. 32.

[2] F. Cohn, 1875; Plauchud, 1877, стр. 235; С. Виноградский, 1888 (литература); Miyoshi, 1897, стр. 140; Надсон, 1903, стр. 32, 38 и сл.; 1914, стр. 52 и сл.; Омелянский, 1909, стр. 310; Lieske, 1912; G. Hintze, 1913, стр. 189.

[3] Омелянский, 1909, стр. 317. О других выделяющих серу микроорганизмах, живущих в морской воде, см. Nathansohn, 1902, стр. 655; G. Hintze, 1903, стр. 309.

[4] О сере в грязях см. Досс, 1912, стр. 706; Kolkwitz, 1912, стр. 662; Wilmot, 1851, стр. 476 — анализ Фарадея. О сере в речной грязи, например в иле р. Шпре, — см. Spitta, 1900, стр. 273.

[5] Егунов, 1900, стр. 61.

узкой пленке сера не дает скоплений: она является временным продуктом жизнедеятельности организмов.

Сера постоянно образуется в сапропелевых отложениях и в богатых органическими веществами грязях. В разное время количество свободной серы колеблется. Так, например, в сакской грязи (1882—1910 гг.) содержание серы уменьшилось на 1,5%, в мойнакской (1880—1910 гг.) увеличилось на 0,3%[1].

По опытам Б. Досса, в современных сапропелевых осадках из залива Штиктзее около Риги наблюдалось 0,235% свободной серы, в древнеаллювиальных из Зуменгофа (там же) — 0,148%, в современной грязи (целебной) из Аренсбурга — 0,619%[2]. Выделение этой серы связано с жизнедеятельностью бактерий.

Можно различить в грязи пресных и солоноватых вод три типа бактерий, выделяющих серу: над поверхностью грязи находятся виды *Thiotrix*, на грязи — *Beggiatoa* и, наконец, в грязи — *Thioploca*. *Thioploca* впервые найдена в грязи устья Невы С. Вислоухом (1911).

В болотах и некоторых торфяниках иногда скопляются тем же путем значительные массы порошковатой серы[3].

Процессы образования серы, идущие этим путем, иногда приводят к выделению самородной серы непосредственно в остатках организмов; получаются окаменелости и отпечатки, превращенные в самородную серу. Так, например, в Свощовицах она находится на отпечатках листьев и т. д. (см. также § 244). Следы свободной серы очень часты в почвах[4].

262. Может быть, отчасти в тесную связь с выделением H_2S должны быть поставлены и месторождения серы, сопровождающие некоторые месторождения нефтей, хотя этот вопрос далеко не ясен.

Как известно, есть ряд нефтей и асфальтов, содержащих серу и обычно выделяющих на воздухе H_2S. В каком виде там находится сера, вполне точно неизвестно; в нефти (маберите) она, повидимому, находится частью в виде: 1) H_2S, растворенного в нефти, 2) тиофенов и меркаптанов или их аналогов, входящих в состав нефти, и 3) наконец, в виде серы в растворе в нефти. На последнее указывают опыты американских ученых[5], которые нашли, что в техасской нефти, после удаления из нее H_2S, некоторые фракции перегонки выделяли при стоянии кристаллы серы. Эти кристаллы могли выделиться или при распадении тиоуглеводородов, или из раствора[6].

Генезис серы при распадении нефтей, содержащих серу, таким образом, неясен. И эта неясность еще более увеличивается вследствие того, что сера может выделяться при образовании самой нефти и таким образом быть парагенетически с ней связана. Так, например, самородная сера может выпадать вместе с нефтью, если допустить возможность образования углеводородов при действии H_2S или SO_2 на известняк,— процесс, который, весьма вероятно, происходит в больших размерах при вулканических извержениях и который, как мы видели, иногда дает

---

[1] Гемилиан, 1911, стр. 4.

[2] Досс, 1913, стр. 991.

[3] Уже Шпренгель (Sprengel, 1844) указал на ее выделение в торфяниковых почвах. Для болот Австрии см. Krämer u. Spilker, 1900, стр. 2941.

[4] Shorey, 1913, стр. 25; Brown a. Kellogg, 1915, стр. 552.

[5] Richardson a. Wallace, 1902, стр. 317.

[6] К последнему мнению склоняются также C. Hayes a. W. Kennedy, 1903, стр. 150.

самородную серу (§ 259). При этом сера (и гипс) будет спутником нефти[1]. С другой стороны, возможно разложение гипса нефтью с выделением серы (см. § 255).

Как бы то ни было, сера очень часто связана с залежами нефти или асфальта, например около Еникале в Крыму (§ 266), в Эльзасе[2] и т. д. Значительные скопления такой серы наблюдаются в неогеновых слоях Луизианы[3] (§ 265).

На этом не заканчиваются условия образования самородной серы. Она может выпадать из других природных соединений, нестойких и быстро изменяющихся на земной поверхности, но постоянно на ней образующихся, например, из солей тионовых кислот, может быть, обычных в морской грязи. Существует одна группа микробов, выделяющих серу, но не отлагающих ее внутри клеток и не употребляющих ее для питания. Это живущие в морском иле тионовокислые бактерии. Сера выделяется при окислении ими тионовокислых солей в сернокислые. Роль в природе этих бактерий неясна[4]. С другой стороны, сера может выпадать распадением алюмосиликатов и силикатов, заключающих в боковой цепи серу (например, ультрамарина — ср. § 247).

263. Изменение самородной серы. Образовавшись в коре выветривания, самородная сера, однако, в ней неустойчива[5]. Она медленно окисляется и дает начало сульфатам. Это изменение совершается в тесной связи с тонким раздроблением серы (§ 33).

Впервые такое изменение было наблюдаемо для серы, употреблявшейся для борьбы с филлоксерой. Марэ[6] заметил, что земля около участков, в которые внесена сера, обогащается гипсом и в то же самое время сера исчезает (окисляется).

Наблюдения Поллаччи[7] подтвердили эти данные и доказали, что порошок серы окисляется в присутствии $CaCO_3$ и других щелочноземельных карбонатов. Однако и в их отсутствии достаточно влажности, чтобы шел тот же процесс окисления порошковатой серы (серного цвета и α-S); при нагревании интенсивность процесса увеличивается; так, например, он более ясно заметен в пределах температуры +35 и 50° C[8]. При обработке водой такая сера дает серную кислоту, быстро переходящую в раствор и затем в сульфаты — гипс и др. Эти опыты Поллаччи были подтверждены Муассаном. Процесс этот, несомненно, играет крупную роль в природе (ср. § 33).

Возможен и другой процесс ее выветривания — процесс гидрогенизации серы водородом, выделяющимся всюду в почве при гнилостном распаде органических остатков. С. Виноградский наблюдал переход S в H_2S у гниющих *Beggiatoa*. Некоторые исследователи допускают у некоторых микробов (дрожжей) существование особого энзима,

---

[1] Такова теория образования нефти, высказываемая Россом (Ross, 1891, стр. 191). О сере в нефти см. сводку Engler, 1903, стр. 471.

[2] C. Hintze, I, 1898, стр. 76 — генезис неясен.

[3] C. Hayes a. W. Kennedy, 1903, стр. 23, 71.

[4] Омелянский, 1909, стр. 319.

[5] Об окислении серы см. Базаров, 1880. Сера неизвестна в россыпях. О ее нахождении в атмосфере см. Phipson, 1901, стр. 42—70. О влиянии бактерий на окисление серы в почве см. еще Brioux et Guerbet, 1913, стр. 1479; Waksmann a. Ioffe, 1922, стр. 35. Окисление серы в воздухе может происходить под влиянием микроорганизмов. См. Beijerinck, 1910, стр. 59.

[6] Marès, 1870, стр. 219.

[7] Pollacci, 1874, стр. 242 и сл.

[8] Pollacci, 1875, стр. 270.

филотиона, переводящего серу в H_2S[1]. К сожалению, эти процессы выветривания серы, как мы видим, изучены и выяснены крайне недостаточно и в настоящее время могут быть указаны лишь в общих чертах, но не поддаются точному учету и объяснению.

Но сера должна исчезать не только в коре выветривания, где она дает, как мы видели, кислородные соединения. Она исчезает и в метаморфической области земной коры, ибо, как указано (§ 33, 246), в этой области никогда не наблюдается самородная сера. Здесь, однако, она должна давать соединения другого рода, чем в коре выветривания; она должна соединяться с водородом и металлами, переходить в сернистые металлы, сероводород, может быть, в многосернистые соединения.

Одной из причин исчезновения серы в метаморфической области должно являться то, что сера разлагает при температуре около 100° воду. При этом выделяется H_2S, т. е. сера становится на место кислорода. Повидимому, это реакция сложная, не идет очень далеко и связана с формой нахождения серы или примесями к ней[2]. В случае присутствия сернистых щелочей сера дает полисернистые соединения и разлагает H_2O[3]. К сожалению, эти процессы совершенно не изучены. Их неизбежность для нас вытекает только логически, из наблюдения типов месторождений.

Коллоидальная сера участвует в образовании FeS_2 из гидротроилита и т. д. в морской и озерной грязи[4]. Во время вулканических извержений, под влиянием кислорода воздуха, значительная часть серы сгорает[5].

264. Труд человека. Самородная сера служит главным источником этого тела в практической жизни. Долгое время сера имела относительно небольшое применение, главным образом в народной и врачебной медицине (серный цвет) и ветеринарии, употреблялась для военных целей, для алхимических опытов.

Лишь с развитием артиллерийского дела и с открытием пороха, с XIII столетия, сера получила важное значение в жизни культурного человечества, и залежи ее приобрели серьезное экономическое значение в жизни государства.

Употребление серы для горючих и даже взрывчатых смесей уходит в далекую древность. Очень может быть, что правы некоторые военные писатели[6], отодвигающие в древние жреческие общины открытие взрывчатых смесей, употребление серы для военных целей. Но развитие этого дела шло медленно.

В культурном округе Средиземного моря сера употреблялась для военных целей, несомненно, уже в эллинистическую эпоху; она шла для зажигательных смесей. В это время в рецептах смесей особенно рекомендуется с этой целью употребление природной серы[7].

Но настоящее значение добыча серы приобрела с XIII столетия, когда впервые, вероятно в Китае, был открыт порох. Уже в XIII веке порох

---

[1] Омелянский, 1909, стр. 309. Существование филотиона требует подтверждения.

[2] Gélis, 1863, стр. 1015 и сл. Ср. De Girard, 1863, стр. 797; Corenvirder, 1861, стр. 440; Gripon, 1863, стр. 1137. Разложение H_2O с выделением H_2S наблюдалось уже Планшем (Planche, 1822, стр. 371), но он думал (так же как Жели), что действует водород, включенный в серу.

[3] Gélis et Fordos, 1846; De Girard, 1863, стр. 798.

[4] Досс, 1912, стр. 701—706.

[5] Brun, 1911, стр. 168 и сл.

[6] Jähns, 1880, стр. 511.

[7] Romocki, 1895, стр. 8 и сл.

был известен отдельным ученым в Западной Европе (Р. Бэкон), а в XIV—начале XV века где-то в Германии было усовершенствовано огнестрельное оружие. Для пороха, так же как и для старинных зажигательных смесей, вначале старались употреблять природную серу[1].

Позже открылся другой источник употребления серы — приготовление серной кислоты, достигшее в середине XVIII столетия, сперва в Англии, значительного развития. До начала XIX столетия, когда наполеоновские войны, изолировавшие Англию, произвели крупные изменения в этом основном для химической промышленности производстве, природная сера являлась главным источником серной кислоты. Промышленность, лишенная подвоза сицилийской серы, обратилась к другим ее источникам, и для приготовления серной кислоты конкурентом серы в это время явился серный колчедан.

Широкое развитие войн, химической промышленности, разнообразное употребление пороха в жизни и технике вызвали усиленную разработку серы начиная с XIII—XIV столетия. Из Шотландии сера вывозилась уже в XIII столетии. Эта разработка шла, все увеличиваясь к XIX столетию. Повидимому, вначале было несколько независимых местных центров ее добычи в Западной Европе; из некоторых мест она служила даже предметом вывоза; так, например, долгое время вывозили из Исландии вулканическую серу. В 1563 г. датское правительство купило у местных жителей все серные месторождения и вначале развило большой вывоз. Вследствие падения цен на серу, эта промышленность позже пала и уже не возрождалась заметным образом[2]. Однако все эти местные разработки не имеют значения и, повидимому, давно замерли благодаря нахождению неисчерпаемых количеств природной серы прекрасного качества в древних серных копях Сицилии, откуда выработаны колоссальные ее количества в течение многих веков; разработки здесь шли непрерывно в течение столетий, вероятно — более двух тысячелетий.

Только некоторые местности Африки и Азии стояли вне зависимости от Сицилии. В древних культурных государствах Азии уже со времен средних веков были свои центры добычи серы, как, например, в Персии, откуда уже арабы вывозили серу в Китай[3]. Издавна сера добывалась и в других местах, например в Фергане и Туркестане[4]. Здесь некоторые области были обложены «серной податью». К сожалению, мы совершенно не в состоянии учесть эту работу народных масс Азии. Очевидно, она была огромна, так как огнестрельное оружие и порох давно вошли здесь в народный обиход.

Для Америки Сицилия долгое время сохраняла то же значение, какое она имела для Европейского континента. Сицилийская сера шла через океан в Новый Свет.

265. Из Сицилии вывезено колоссальное количество серы. Долгое время она стояла вне конкуренции. В 1833 г. синдикат Сицилии увеличил цену серы втрое. В 1837 г. М. Перре открыл удобный способ добычи серы из пиритов и ограничил монополию природной серы. В 1880-х годах усиленное получение серы из колчеданов подорвало было эту промышлен-

---

[1] Romocki, 1895, стр. 58, 113, 185; Jähns, 1880, стр. 775, и сл.
[2] Thoroddsen, 1889, стр. 161.
[3] Живилегов, 1904, стр. 61.
[4] Китай брал дань серой и нашатырем из некоторых мест Туркестана (Урумчи, Хочеу и т. д.). См. Мушкетов, 1906, стр. 323. Арабские писатели X века указывают серу как предмет вывоза из Ребинджана (Бартольд, 1900, стр. 245). Ребинджан лежал между Бухарой и Самаркандом (там же, стр. 99).

ность, но затем быстро возросшая потребность в сере вызвала ее дальнейшее развитие.

В Сицилии было добыто серы[1]:

В 1860 г.	— 155 тыс. т	в 1900 г.	— 500 тыс. т
» 1880 »	— 310 » »	» 1905 »	— 550 » »

Но в 1906 г. было добыто только 387 432 т серы. Ее добыча начала падать под влиянием разработок серы в Луизиане (§ 262), где в 1903 г. было добыто 35 тыс. т, в 1905—200 тыс. т, а в 1909 г.— 303 тыс. т серы[2].

Мировая добыча серы увеличивалась благодаря новым приложениям в земледелии, пиротехнике, для вулканизации каучука и т. д. В 1883 г. добывалось 400 тыс. т природной серы, в 1909 г.— 830 тыс. т[3]. В Луизиане были применены особые способы добычи (Фраша), позволившие, переведя серу в жидкое состояние перегретым паром, добывать ее из скважин выкачиванием, как жидкость. В настоящее время борьба за международный рынок является в Италии государственной задачей, так как добыча самородной серы играет огромную роль в жизни населения[3]. Добыча ее в Сицилии поставлена до сих пор очень примитивно, но запасы ее все еще огромны.

Местная добыча самородной серы не прекращалась все время и при монополии Сицилии. Большое военное значение серы — для приготовления пороха, особенно раньше, до изобретения органических взрывчатых веществ, заставляло правительства поддерживать и развивать разработку внутренних серных залежей. Нигде, однако, эти разработки не превышали местных потребностей. Мировые месторождения серы, кроме, может быть, Луизианы, не были найдены. Мелкие залежи серы известны и разрабатываются в Романье, Галиции, Мексике и т. д. Прежде в России разрабатывались временами залежи серы в Чарковах, Дагестане, Сюкееве на Волге, на Урале (Соймоновское), но все эти месторождения крупного значения не имели[4].

266. Сера в России. Самородная сера находится в очень многих местах на территории нашего государства. «Можно решительно высказаться за то, что в России имеется ряд месторождений, благонадежность которых в смысле запасов чистой серы не подлежит сомнению» (Богданович, Ренгартен, Нацкий, 1917, стр. 21). На первом месте — месторождение в Кара-Кумах, которое одно способно удовлетворить потребность в сере в России на долгое время. Ограниченнее, но промышленны месторождения: Чекур-Кояш, Кхиутское, Шор-Су в Фергане, около кол. Шорджа (Малый Балхан). Для многих нельзя решить, большое ли оно или малое (например для дагестанских). Очень важно изучить акчагыльские пласты Закаспийской обл.

В пределах *Европейской России* известны многочисленные бедные ее месторождения различного происхождения[5].

---

[1] «Zschr. prakt. Geol.», 1906, стр. 29. Цифры добычи серы в Сицилии все разные. Кроме вышеприведенных цифр, «A. R.» (1907, стр. 729) дает для тех же годов иные: для 1899—490 325 т, для 1905 г. 456 261. Между тем в «The Statesmans Yearbook» (ed. by Scott Keltie, 1907, стр. 1150) для 1900 г. дана вся добыча Италии 3 760 000 т серной руды. Для сицилийских разработок см., например, Aguillon, 1894, стр. 585; 1898, стр. 317; 1906, стр. 399 и сл.

[2] A. R. 1907, стр. 729.

[3] De Launay, 1908, стр. 370; 1913, стр. 319 и сл.

[4] В связи с войной в 1854—1857 гг. все русские месторождения самородной серы были учитываемы артиллерийским ведомством. Результаты исследований были опубликованы позже, и то не вполне. См. Озерский, 1867 (2). Ср. также Б. Винер, 1870. В это время вся сера ввозилась из Италии.

[5] О сере см. Марков, 1923, стр. 163.

В *Архангельской губ.*, в *Печорском у.*, сера выделяется в виде серного цвета из серных ключей около горы Адак, около р. Усы[1]. В *Шенкурском у.*, в Предтеченском «приказе», сера встречена в русле протока[2]. Кроме того, она указана еще у истока р. Странной[3], около Среднего Погоста (дер. Середьпогостной), в уроч. Меренли[4], около устья р. Почи[5]. В *Холмогорском у.* сера находится около с. Середмекренского[5]. На *Новой Земле* указана у Староверовской бухты[6]. Сера этих месторождений землистая; она тесно связана с медленными процессами распадения H_2S в северных местностях, может быть в связи с жизнедеятельностью организмов (§ 257). Очевидно, на севере России находится много таких ее месторождений, не имеющих никакого практического значения.

На крайнем юге, в *Астраханской губ.*, в *Енотаевском у.*, около южного берега Баскунчакского озера, наблюдается слой породы в 3 м, заключающий серу, происшедшую из гипса[7]. В *Царевском у.*, около Эльтонского оз., встречена землистая сера[8]. В *Калмыцкой степи* указываются выцветы серы и «серный цвет» в сланцеватых глинах, которые, однако, вернее всего, представляют феррисульфаты[9].

В *Бессарабской губ.*, в *Аккерманском у.*, свободная сера находится в грязи Будакского лимана[10]. В *Хотинском у.*, около Хотина, наблюдается сера в конкреционных и порошковатых формах (отчасти серный цвет — § 244); она образуется здесь из гипса и целестина (есть псевдоморфозы по целестину)[11].

В *Волынской губ.*, в *Староконстантиновском у.*, известны выделения землистой серы в серных источниках у с. Ожеговцы, около галицийской границы[12].

В *Вятской губ.*, в *Елабужском у.*, в Варзинской даче, самородная сера образуется из серных источников по р. Большой Варзе, около дер. Козубаевой и Варзиятчи[13].

В *Области Войска Донского* сера известна около Таганрога (коллекция Академии Наук). В *Сальском окр.* в пресноводных отложениях на Мечетном лимане (залив Бирюкова) и на балке Большой Хоревой (Q_1^1) друзы гипса местами превращены в комок извести с самородной серой[14].

В *Гродненской губ.*, в *Гродненском у.*, порошковатая сера выделяется в сероводородном источнике около Друскеник[15].

---

[1] Кушелевский, 1868, стр. 38.
[2] Мейендорф, 1849, стр. 133.
[3] Кокшаров, 1870 (2), стр. 372.
[4] Коллекция Московского университета. Доставлена Д. Хомутовым в 1895 г. Собирается крестьянами.
[5] Marquis. «Pharm. Zschr. Russl.», II, стр. 93. Работа была мне недоступна.
[6] Свенске, 1867, стр. 19 — по Людлофу.
[7] Упоминает уже со слов Н. Жоголева в 1860-х годах Лавров (1868, стр. 111) — «около Богдо». В 1883 г. «открыто» здесь коренное ее месторождение. О нем см. Глушков, 1884, стр. 175.
[8] И. Герман, 1789 (2), стр. 342. О сере в глинах у Баскунчакского озера см. «Вестник Русск. геогр. общ.», 1854; Сиволобов, 1883; Православлев, 1903, стр. 48—67 (сера в глинах в других местах).
[9] Мушкетов, 1895, стр. 101.
[10] Вериго, 1883.
[11] Сидоренко, 1904, стр. 20 и сл.
[12] Ласкарев, 1904, стр. 102.
[13] Игнатьевский, 1832, стр. 184.
[14] Богачев, 1903, стр. 150.
[15] Иностранцев, 1882, стр. 50.

В *Екатеринославской губ.*, в *Бахмутском у.*, сера найдена в желваках в тесной смеси с феррисульфатами и кремнеземом в огнеупорной глине (может быть, произошла из пирита). Эти конкреции содержат 28,4% порошковатой серы[1].

В *Казанской губ.*, в *Тетюшском у.*, около Сюкеева, в пермских известняках (§ 246) самородная сера встречается нередко в гипсе с нефтью, кальцитом, кварцем и халцедоном; она образуется и теперь действием нефти на гипс (кристаллы ее дают главным образом комбинации $\{111\}\cdot\{1\bar{1}1\}\cdot\{113\}\cdot\{1\bar{1}3\}\cdot\{001\}$)[2]. Одно время это месторождение разрабатывалось. Указана она также в окрестностях с. Средне-Монастырского[3]. Найдена в *Козьмодемьянском у.*, около Козьмодемьянска[3]. Встречена в *Казанском у.*, у Моркваш, близ Казани[3]. Гнезда самородной серы известны в *Спасском у.*, близ дер. Тенишевой[4]. Наблюдалась в *Чебоксарском у.*, около с. Сундыря[3]. В *Чистопольском у.*, в 8 км от Чистополя, около слободы Черемуховой, сера выпадает из источника и из ила. Собирается жителями[5].

В *Курляндской губ.*, на Виндаве, около мызы Нигранды, самородная сера встречается в пустотах известняка[6].

В *Московской губ.*, в *Московском у.*, старинные авторы указывали «нечистую» серу около Москвы, образовавшуюся в связи с разрушением колчеданов[7]. Процесс этот весьма возможен, но указания требуют подтверждения, так как пириты дают очень часто порошковатые серно-железные соединения желтого цвета, принимаемые нередко за порошок серы.

В *Нижегородской губ.*, в *Княгининском у.*, сера оседает в речке Якшонке (впадает в Пьяну)[8].

В *Новгородской губ.*, в *Боровицком у.*, около погоста Шегрина, сера выпадает в связи с серными источниками, образуется разложением H_2S[9]. Такая же сера наблюдается в *Белозерском у.*, около дер. Ладуниной, в ключах Мухиной пустоши[10]. Уже Герберштейн в XVI столетии указывал нахождение серы «в озере вблизи Белозера»[11]. В *Кирилловском у.* сера указана в источнике у р. Свиди, близ оз. Воже и около с. Челонды[12]. В *Старорусском у.* сера содержится в грязи источников[13].

В *Олонецкой губ.*, в *Каргопольском у.*, около Няндомы Московско-Ярославско-Архангельской ж. д., землистая сера выделяется весною на поверхности приозерных болот[14]. Около оз. Лача, в 8 км от устья р. Свиди, около

---

[1] Кондаков, 1883.

[2] О Тетюшах упоминает уже Фальк (1786, стр. 55). См. Эрдман, 1812; Широкшин и Гурьев, 1831, стр. 32; Головкинский, 1869, стр. 252—253; Еремеев, 1867 (1), стр. 491; Озерский, 1867 (3), стр. 69 и сл.; Вилениус, 1885; И. Мамышев, 1888; Н. Барбот де Марни, 1896, стр. 12. Здесь при начале добычи найдены остатки разработок, может быть, времен Болгарского царства (Озерский, 1867 (3), стр. 83). См. Frentzel, 1913. О кристаллах — Вернадский, 1902, стр. 480.

[3] Озерский, 1867 (3), стр. 98. Требуют подтверждения.

[4] А. Орлов, 1885, стр. 111.

[5] Грум, 1855, стр. 187.

[6] Вансович, 1827, стр. 42.

[7] Севергин, 1809, стр. 13.

[8] Паллас, 1773 (2), стр. 85.

[9] «Горн. журн.», 1858, I, стр. 576.

[10] Н. Барбот де Марни, 1868, стр. 213.

[11] Замысловский, 1884, стр. 315.

[12] «Горн. журн.», 1829, IV, стр. 276—277.

[13] Н. Орлов, 1906, стр. 25.

[14] Коллекция Московского университета. Доставлена в 1901.

Хатеновского погоста, сера добывалась из сернистого источника[1]. «Желтые выцветы» серы указываются как продукт выветривания антрацита Шунги. Может быть, это феррисульфаты, а не сера? Парагенезис для серы странный.

В *Орловской губ.* налеты «серы» указаны в связи с выходами угля, в сланцах[2]. Должно быть, это не сера, а феррисульфаты.

В *Псковской губ.*, в *Порховском у.*, землистая сера выделяется из сернистого источника около с. Демянки на Шелони[3]; в *Великолуцком у.*— около с. Сопки.

В *Рязанской губ.*, в *Скопинском у.*, близ Павельца по р. Теменке, землистая сера наблюдается в аллювиальных глинах, богатых растительными остатками[4].

В *Самарской губ.*, в *Самарском* и *Бугурусланском у.у.*[5], сера очень распространена. В 6 км от Серноводска, у Серного городка, она лежит в гипсе и добывалась уже раньше 1720 г.; разработки прекратились еще в XVIII веке, в 1769 г.[6] Здесь и близ Шамбулата от множества серных ключей образовались серные пруды (Молочное оз.), из которых вытекает в р. Сок р. Молочная[7]. Все эти серные ключи содержат значительное количество постоянно выделяющейся серы в виде порошка, отчего их воды, а также воды р. Молочной и Молочного озера имеют белый цвет. Река Молочная никогда не замерзает. Всюду идет выделение H_2S, являющегося источником современного отложения серы[8]. Такие серные ключи выходят и в других местах, например около дер. Исаклы, против устья р. Суруши и т. д.[9] Включения серы найдены в скважине в Камышлах на глубине 152 м, в мажущемся белом известняке каменноугольной системы[10]. Сера в гипсе и известняке, в виде отдельных включений, находится по рекам Соку, Сургуту и т. д.; иногда попадаются гнезда прозрачной серы[11]. Около Алексеевска (у устья Кинели) находятся значительные выделения серы в связи с серными ключами[12]. Сера встречена здесь в зернах и кристаллах в известняке[13]. Между Самарой и Серноводском (около Сергиевска) сера найдена, иногда значительными скоплениями, в гипсе в разных местностях (в 6 км от дер. Смышляевки, около Сорокиных хуторов[14], у с. Семей-

---

[1] Борисов, 1910, стр. 92, 111.

[2] С. Никитин, 1905, стр. 28, 83.

[3] А. Карпинский, 1876, стр. 181.

[4] Романовский, 1856, стр. 167 и 1857, стр. 195.

[5] Месторождения были описаны одним из первых натуралистов— Шобером (1760 и 1762), умершим в 1739 г., и указаны П. Рычковым (1762 (1), стр. 269). Ср. о них Лепехин, 1771, стр. 209; Ауэрбах, 1854, стр. 131 и сл.; Озерский, 1867 (3), стр. 101 и сл.; Еремеев, 1867 (2), стр. 460 и сл.; Б. Винер, 1870, стр. 33.

[6] Фальк, 1785, стр. 105; 1786, стр. 55.

[7] Из самарских озер неочищенная сера добывалась уже в конце XVI века (Меньшенин, 1829, стр. 156).

[8] Явление серных озер совсем не изучено. О нем уже упоминают писатели XVIII века. См. Рычков, 1762 (2), стр. 114—116; Паллас, 1773 (2), стр. 160 и сл.; Лепехин, 1771, стр. 202; Георги, 1798 (1), стр. 65; Озерский, 1867 (3), стр. 101. Может быть, озера образовались случайно, искусственно, благодаря старинным разработкам, позже залитым водой, т. е. эти озера являются прудами?

[9] Еремеев, 1867 (1), стр. 340.

[10] Замятин, 1913, стр. 157.

[11] Георги, 1798 (2), стр. 338.

[12] Широкшин и Гурьев, 1831, стр. 17; Озерский, 1867 (3), стр. 101.

[13] Еремеев, 1867 (1), стр. 483.

[14] Нефедьев, 1871, стр. 35. Для Смышляевки см. Ерофеев, 1878; Неуструев и Прасолов, 1911, стр. 59 и сл. О сере Сорокиных хуторов см. Лошкарев, 1855, стр. 51 и сл.

кина и т. д.). В *Бузулукском у.* просвечивающая самородная сера встречена в 40 км от устья Бузулука[1]. В *Николаевском у.* порошковатая сера выделяется из Столыпинских минеральных сернистых источников[2]. В *Новоузенском у.*, мелкая сера находится в каспийских глинах, богатых гипсом, например, в слоях, пройденных скважиной в Гайсинской оброчной статье, в 25 км на юг от Александрова Гая[3].

В *С.-Петербургской губ.*, в *Петергофском у.*, старинные авторы указывали землистую серу у с. Копорья[4].

В *Симбирской губ.*, в *Сызранском у.*,— в 3 км от Подгор, в Серной горе, на Самарской Луке. Здесь сера встречается с целестином, кальцитом, халцедоном, гипсом, иногда в прозрачном гипсе; прежде встречалась прозрачная сера («кусками») больше килограмма весом. Такой серы добывали до 6,4 т в год, а всей серы в 1760-х годах до 32,8 т ежегодно. Попадались и кристаллы[5]. Известна уже с конца XVII столетия[6]. Около сел. Переволока и Печерского сера в гипсе и доломите сопровождается целестином, кальцитом, халцедоном. Землистая сера наблюдается в ручьях, вытекающих из оз. Троекуровского, в 15 км от Сызрани; указана в соляных источниках около Кашпура[7].

В *Таврической губ.*, в *Крыму*, многочисленные выделения хлопьевидной или аморфной серы наблюдаются в руслах сернистых источников (много на Керченском полуострове, около Феодосии — у Кизильташского монастыря, близ дер. Коккоз). Такая сера выделяется из устьев многочисленных артезианских колодцев с самоистекающей водой (артезианские колодцы *Перекопского*, *Феодосийского* и *Бердянского у.*, углубленные до III артезианского горизонта)[8]. Сера разного характера образуется частью из пирита, частью в связи с асфальтом или распадением сероводорода. Сера последнего типа наблюдается, например, в известняках около Чокракского озера[9]. В области чокракских известняков выделения серы этого типа довольно обычны. В *Керчь-Еникальском* градоначальстве и вдали от Чокракского озера кристаллы серы обычны в трещинах и пустотах известняка, пропитанного нефтью и асфальтом, и в сероводородных источниках около Еникале. Частью она образует параморфозы по β-сере (§ 244). Кристаллы ее нередко окрашены нефтью[10]. На *Керченском полуострове*, на восточном берегу Элькенского озера (в 2 км к северо-западу от г. Опук и дер. Кояш), находится сера в виде гнезд и прослоек в мергеле и песчанике. Сера частью плотная, частью волокнистая (слои до 1 см толщины). В 1909 г. были попытки ее разрабатывать[11]. В *Феодосийском у.*, на мысу св. Ильи около Феодосии, мелкокристаллическая сера ({111}·{113}), образовавшаяся при разложении пирита, находится на буром

---

[1] Георги, 1798 (2), стр. 338.
[2] К. Шмидт, 1866, стр. 315.
[3] Тихонович, 1908, стр. 329 и сл.
[4] Георги, 1798 (2), стр. 339 — по указанию Лемана. См. Севергин. 1809, стр. 7.
[5] Паллас, 1773 (2), стр. 287; И. Герман, 1789 (1), стр. 24; Гернгросс, 1837, стр. 422; Ауэрбах, 1854, стр. 131. Месторождения Сызранского у. (Серный городок) отнесены к пермской системе впервые Пандером (1863, стр. 125). О них см. еще Ноинский, 1913, стр. 86, 667.
[6] Хмыров, 1875, стр. 291.
[7] И. Герман, 1789 (2), стр. 342.
[8] Двойченко, 1914, стр. 47.
[9] Мелкие кристаллы А. Антипов, 1849, стр. 387.
[10] С. Попов, 1900, стр. 481. Обычные комбинации.
[11] Давыдов, 1881; Двойченко, 1914, стр. 48.

шпате и кальците[1]. В *Ялтинском у.*, около Георгиевского монастыря, найдена в пустотах кварцевой изверженной породы сера сублимационного происхождения. Около Алушты и в других местах южного склона известна сера по трещинам мезозойских глинистых сланцев, большей частью в виде очень мелких кристаллов[2]. В *Симферопольском у.*, около дер. Курцы, наблюдалась порошковатая сера на марказите[3]. В *Евпаторийском у.* свободная сера известна в грязях лиманов и озер: так, например, в свежей грязи Ак-Мечетского лимана (в 80 км к северу от Евпатории) — 0,13% серы, в грязи Мойнакского озера (около 3 км к западу от Евпатории) — 0,3%, в грязи Яик-Мойнакского лимана (больше 4 км от Евпатории) — всего 0,03%; в сакской — 0,3%[4].

В *Уфимской губ.* сера наблюдалась по р. Белой, в серных источниках около Бапаняша, при впадении Сима в Белую у дер. Шоревой[5], на берегах Сенияза у дер. Шарыповой[6]. В *Стерлитамакском у.* самородная сера найдена в кусках и мелких выделениях в глинах при бурении на нефть на Ишимбаевом острове на р. Белой и около Ярмыс-Кула[7].

В *Херсонской губ.* — есть указания на нахождение порошковатой серы в *Херсонском у.*, около Кривого Рога[8]. В *Одесском у.* мелкие кристаллики серы образуются в иле Куяльницкого[9], Хаджибейского[10] и, очевидно, и других лиманов (см. § 261).

В *Ярославской губ.* «нечистая» сера указана около Ярославля[11]. Близ с. Варниц она выпадает из сероводородного источника[12].

В *Эстляндской губ.* около Гапсаля, в Линдене, сера встречена в известняке[13]. На о-ве Малый Роог около Балтийского порта она наблюдалась в пустотах самовозгоревшегося кембрийского сланца[14]. В Гапсальском заливе сера выделяется в иле под влиянием бактерий[15].

В пределах *Царства Польского* давно известны старинные гнездовые месторождения серы на р. Ниде, в *Келецкой губ.*, в *Пинчовском у.*, около Чарковы, образовавшиеся разложением гипсов, связанных с мергелями[16]. Известное уже, может быть, в XVI столетии, это гнездовое месторождение не раз разрабатывалось, довольно правильно с 1798 по 1843 г. В 1869 г., затем в 1896 г. опять было возобновились работы[17]. Теперь месторождение это не разрабатывается[18]. Сера изредка наблюдалась как вторичный

---

[1] С. Попов, 1903; 1913, стр. 253, О сере у подножья горы Кастель см. Двойченко, 1914, стр. 47.

[2] Двойченко, 1914, стр. 47.

[3] Ферсман, 1907, стр. 218.

[4] Гемилиан, 1912.

[5] Георги, 1798 (1), стр. 64—65. Указана И. Лепехиным (1772). Ф. Чернышев (1889 (2), стр. 182) не нашел серы в указанном месте.

[6] Севергин, 1809, стр. 37.

[7] Кандыкин, 1907, стр. 73.

[8] Коллекция Московского университета. Доставлена В. Н. Мамонтовым из коллекции штейгера Пузино, местного любителя минералогии, 1894 г.

[9] Сидоренко, 1897, стр. 129.

[10] Сидоренко, 1901, стр. 104.

[11] Георги, 1798 (2), стр. 339.

[12] Бернштейн, 1909.

[13] Севергин, 1809, стр. 37; Озерский, 1844, стр. 195.

[14] Озерский, 1844, стр. 183.

[15] Надсон, 1913; 1914, стр. 52.

[16] Ср. Дмитриев, 1831, стр. 30—31. О кристаллах см. Шкляревский, 1902, стр. 477. Сера сопровождается кальцитом и опалом.

[17] Тучемский, 1872, стр. 161.

[18] Блёде, 1830, стр. 19 и сл.; Pusch, 1836, стр. 363 и сл.; Кандаки, 1896, стр. 323 и сл.; Tschermak, 1900, стр. 346; Ефимов, 1901. О сере в Станницком у., около Сташова, см. Koźminski, 1885.

продукт — в связи с изменением цинковых руд Болеслава и Кронжка[1]. В *Радомской губ.* самородная сера встречена в Пиотрковице, около Прошовиц, в третичных гипсах, в виде включений неправильной формы, величиной до волошского ореха. Находится и в мергеле[2].

267. На *Урале* несколько месторождений серы; некоторые из них довольно значительны. Еще больше, должно быть, случаев незарегистрированных небольших ее нахождений. Генезис ее здесь очень различен.

В *Пермской губ.*, в *Красноуфимском у.*, она образуется из H_2S около с. Сергинского и Ключей[3]. Встречается в медистых песчаниках, например, в Воскресенском руднике Юговской дистанции[4], где, может быть, образовалась из сернистых медных соединений или пирита. Она образуется во многих рудниках в железной шапке жильных месторождений из пирита, заполняя пустоты, происшедшие его разрушением, например около Березовска, в разных рудниках в *Екатеринбургском у.*[5], в старинных рудниках около с. Арамильского[6], 2-м Благодатном[7], в Шиловском[8] (ср. § 252). В Соймоновской долине, в *Кыштымском окр.*, по р. Сак-Елга, известны значительные ее скопления, образовавшиеся этим путем[9]. В Коневском заводе, около Невьянского рудника, встречались ее кристаллы $\{1\bar{1}1\}$. $\{111\}$ (Менге, 1830). Указана в Нагорном прииске Середонипа, около Невьянска[10]. В Крылатовском руднике Северной дачи *Сысертского окр.* сера находится в кварцевых жилах с золотом[11]. В Сысертской даче сера наблюдалась в железной шапке Зюзельского рудника[12]. В *Камышловском у.*, около Колчеданского острога, близ д. Ошурковой по р. Атяш, она давно известна в глинах, внутри конкреций серного колчедана[13].

Сера случайно выделялась на Урале и во время каменноугольных пожаров, например, во время горения Губахинского месторождения угля[14].

Месторождения должны встречаться на Урале и в пределах *Оренбургской губ.* Мне известно ее месторождение вблизи Кобысты; здесь в пустотах жильного кварца наблюдается порошковатая кристаллическая сера[15].

В *Челябинском у.*, на Линевской Песчанке, у уроч. Колесников Плес, сера выпадает на поверхности гипсов нижненеокомского возраста[16].

В *Уральской обл.* землистая сера известна около Индерского оз., в связи с серными источниками[17]. В *Гурьевском у.* при разведке на нефть в уроч. Джаныбек (100 км к северо-востоку от Гурьева) встречен слой

---

[1] Богданович, 1912, стр. 438.

[2] C. Hintze I, 1898, стр. 77; Zeijszner, 1861.

[3] [Н. Попов], 1811, стр. 252—253. Жители Ключей ее собирали. См. Лепехин 1802, стр. 222.

[4] Бояршинов, 1846, стр. 112. Ср. Георги, 1798 (2), стр. 338.

[5] И. Герман, 1789 (2), стр. 134, 341; Вернадский, 1902, стр. 481 (кристаллы; литература).

[6] По указанию Кобякова. «Горн. журн.», 1871, II, стр. 93.

[7] Коллекция Московского университета. Доставлена Б. П. Кащенко в 1907 г.

[8] И. Герман, 1807 (2), стр 32.

[9] Блинов, 1860, стр. 497; Миклашевский, 1861, стр. 122; Б. Винер, 1870, стр. 22, 72.

[10] Коллекция Казанского университета. По сообщению Б. К. Поленова.

[11] Коллекция Академии Наук. Доставлена В. И. Воробьевым.

[12] Дюпарк и Сигг, 1914, стр. 6.

[13] Указана уже П. Палласом. См. Паллас, 1786, стр. 361; Севергин, 1809, стр. 84; G. Rose, 1842 (1), стр. 459.

[14] Денисов-Уральский, 1902, стр. 107.

[15] Коллекция Московского университета. Доставлена в 1903 г. Л. Л. Ивановым.

[16] Д. Соколов, 1906, стр. 511. Есть указания для юго-востока губернии. Б. Винер, 1870, стр. 8.

[17] И. Герман, 1789 (2), стр. 342.

самородной серы[1]. К западу от Терсаккана, близ Джусалы-Сая, под закированными песками находятся шоколадные глины с кристаллами серы[2]. Выцветы серы указаны на глинах в уроч. Акчий[3]. Точно так же в связи с выделением H_2S найдена она в озерах около Гурьева.

268. *На Кавказе* наблюдаются многочисленные месторождения серы, обычно не дающие скоплений, имеющих техническое значение. В литературе отмечены немногие из действительно существующих; особенно это имеет место по отношению к вулканическим областям Кавказа и Закавказья и к выходам сернистых источников.

В *Бакинской губ.*, в *Бакинском у.*, сера выделяется на о-ве Жилом в связи с серными источниками[4]. Точно такая же сера известна около дер. Бинагад[5] и по берегам оз. Кал — в мергелях[6], близ Сураханов около Баку, на о-ве Святом и т. д.[7]. В окрестностях Балаханы, на Апшеронском полуострове, в толщах глин первой свиты продуктивной толщи встречены включения серы[8]. В *Ленкоранском у.*, несомненно, сера осаждается в значительном количестве в районе серных источников (особенно около с. Пришибинского и др.). К сожалению, в геологическом описании природа осадка непонятна. В *Шемахинском у.*, между Шемахой и Маразами, наблюдаются небольшие ее примазки в гипсе[9]. Близ с. Наваги она осаждается из серных источников и т. д.[10]

В *Батумской обл.*, в *Артвинском окр.*, сера указана в верховьях р. Мургул-Су[7].

В *Дагестанской обл.* наблюдается ряд серных месторождений, связанных с гипсоносными доломитами, гипсами и ангидритами. Эти отложения связаны с выходами источников и, как уже заметил Г. Абих (1862, стр. 26), приноровлены к определенным тектоническим линиям. Сера не является первичным отложением, точно так же, как им не является доломит. В тесной связи с серой наблюдаются выходы битумов и каменной соли. Абих считал ее продуктом эпигенезиса осадочных отложений в тесной связи с доломитизацией известняков. К. Богданович, В. Ренгартен и А. Нацкий (1917, стр. 11) выделяют в Дагестанской обл. следующие группы месторождений — Аварскую и Петровскую (Темирханшурскую).

К Аварской группе они относят месторождения, расположенные в Аварском окр. и прилегающих частях Андийского, Гунибского и Даргинского окр. В *Аварском окр.* важнейшие месторождения — Гимринское Балахинское и Могохское. Гимринское месторождение находится на северном склоне гребня Паки-Меэр, в 6,5 км от с. Гимры (Гену). Кристаллическая сера пронизывает гипсоносную свиту. Месторождение заслуживает разведки[11]. По левому склону Гимринского ущелья находятся гнезда и включения кристаллической серы в глине. В Балахинском месторождении — на северном отроге горы Гоцо-Меэр, в 2,5 км от с. Балахини (Беллек) — обнаружено два рудных пласта, но оно не разведано. Несколько

[1] Новаковский, 1887, стр. 118.
[2] Тихонович и Замятин, 1912, стр. 583.
[3] Тихонович, 1915, стр. 21.
[4] Н. Лебедев, 1902, стр. 163.
[5] Воскобойников, 1827, стр. 20.
[6] Н. Лебедев, 1901, стр. 158.
[7] Меллер и Денисов, 1900, стр. 149, 147.
[8] Абрамович, 1913, стр. 585—627; Ушейкин, 1916, стр. 28 и сл.
[9] «Горн. журн.», 1825, № 3, стр. 10.
[10] Ср. еще неясные указания у Меллера и Денисова, 1900, стр. 149, и Г. Смирнова, 1905, стр. 278 — около Шемахи, Маразов и проч.
[11] Богданович, Ренгартен и Нацкий, 1917, стр. 12—13, 14.

более значительно месторождение серы в Могохском хребте, между сел. Гоцо и Могох. Оно расположено на южном отроге горы Гоцо-Меэр, в 2 км от с. Могох[1]. Здесь много прозрачного гипса и растворимых сульфатов[2]. Гнезда серы можно проследить не раз по течению р. Аварское-Койсу (в хребтах Ипута-Меэр[1], Энкита[3] и т. д.). В *Даргинском окр.*, в хр. Кули-Меэр, указаны Гергебильское месторождение и в 7 км от него Бахтурское. Гнезда и прожилки серы лежат здесь в песчанике[4]. Известны два месторождения в *Гунибском окр.*, по дороге из Гуниба в Ивановский пост и с. Кулу, ближе не изученные[4]. В *Андийском окр.* наиболее значительное месторождение серы расположено по хр. Сала-Тау, около сел. Артлух, Чиркат и Чиркей[5]. Здесь пласт, богатый серой, мощностью до 3 м, известен на протяжении около 11 км, и на нем работался Кхиутский рудник на горе Кхиута-Хох, на земле сел. Чиркат. Сера разрабатывалась горцами с начала XIX столетия; отсюда добывал ее для пороха Шамиль. Она связана с верхнеюрскими (нижнемеловыми, по Бальдаччи) доломитами, богатыми гипсом, разложением которого, повидимому, образовалась. Сера лежит в глине с гипсом и квасцами. Она прикрыта плотными доломитами; почву составляет алебастр[6]. В рудном слое (около 2—4 м) продуктивный слой мощностью 50—150 см содержит 15—30% S. Местами попадаются значительные скопления чистой серы в виде линз до 800 м в диаметре. Часть руды выработана еще при Шамиле. Запас до 80 тыс. т. руды. В окрестностях Кхиута и к западу до Артлуха нет серьезной руды[7]. Аналогичные месторождения наблюдаются и в других местах. Так, около с. Большой Готцатль, в горах по берегу р. Аварское-Койсу, известны бедные гнезда серы с гипсом в доломите[8].

В Петровской (Махач-Калинской) группе, в *Темирханшурском окр.* (около Петровска), три месторождения землистой и кристаллической серы находятся на горе Кукурт-Тау (Кокуртлы); здесь она образована частью обычным разложением H_2S, частью действием его на $CaCO_3$; она выпала одновременно с гипсом, ангидритом и кварцем[9] (Талгинское, Гиик-Салганское, Кафтар-Кутанское месторождения). Есть линзы серы в травертине. Добыто несколько тысяч тонн руды[10]. Аналогичные месторождения известны и в ближайших местах (на земле с. Онсокули и т. д.)[11]. В *Кайтаго-Табасаранском окр.*, в долине Ягни-Чая (при устье Тюменлярчая), сера выпала из источников[12]. В *Самурском окр.* налеты серы (γ-серы?) с квасцами находятся в глинах около Аликента[13].

---

[1] Н. Барбот де Марни, 1896, стр. 35.

[2] Богданович, Ренгартен и Нацкий, 1917, стр. 13, 14.

[3] Абих, 1862, стр. 27; Н. Барбот де Марни, 1896, стр. 41; Абамелек-Лазарев, 1896, стр. 315— месторождение Энкита аналогично Могохскому.

[4] Абамелек-Лазарев, 1896, стр. 293.

[5] Гилев, 1860, стр. 429; Абих, 1862, стр. 27 и сл.; Кольчевский, 1865, стр. 326; Б. Винер, 1870, стр. 41 и сл.; Арцруни, 1875, стр. 17 и сл.; Baldacci, 1883, стр. 15 и сл.; Н. Барбот де Марни, 1896, стр. 74; Меллер и Денисов, 1900, стр. 141.

[6] Из этого месторождения указан галенит. Н. Лебедев, 1901, стр. 211. Это указание требует подтверждения.

[7] Богданович, Ренгартен и Нацкий, 1917, стр. 12.

[8] Н. Барбот де Марни, 1896, стр. 35.

[9] Булгаков, 1893, стр. 26; Н. Барбот де Марни, 1894, стр. 385 и сл.; 1896, стр. 24 и сл.; Абамелек-Лазарев, 1896, стр. 316 и сл. О кристаллах см. Вернадский, 1902, стр. 483 и сл.

[10] Богданович, Ренгартен и Нацкий, 1917, стр. 14.

[11] Н. Барбот де Марни, 1896.

[12] Голубятников, 1906, стр. 376.

[13] Богданович, 1902, стр. 29.

В *Елисаветпольской губ.*, в *Елисаветпольском у.*, указаны [1] месторождения серы около ж. д. станции Шамхор, на земле с. Баян (по течению р. Качкар-Чая), в ущелье Чираги-Нор Зурнабадской дачи. В *Нухинском у.* сера выделяется из Бумских серных источников, давая небольшой осадок [2].

В *Кубанской обл.*, на *Таманском полуострове*, землистая сера указана около хутора Чижика [3]. В *Баталпашинском отделе*, на юго-западном склоне Эльбруса, давно известна сера вулканического происхождения в верховьях р. Улукама [4]. На Эльбрусе, повидимому, и до сих пор действуют сольфатары или остались их отложения в виде налетов серы около его вершины [5]. Большие куски серы (до 16 кг весом) находятся и в моренах спускающегося с Эльбруса ледника Кугуртлю; сера здесь добывалась местными жителями [6]. (И в обл. Терской наблюдаются выходы серы, связанные с Эльбрусом, см. ниже). Сера, выделившаяся при разложении колчеданов, найдена в медном месторождении по р. Мухи [7], в свинцовом месторождении по р. Джеланкол [7]. Незначительные выделения серы известны в связи с выходами гипсов к северо-западу от ст. Преградной и к югу от ст. Исправной [8]. В *Темрюкском отделе* сера выделяется (и собирается жителями) в источнике около оз. Бугаза [9]. В бассейне р. Псифа, около хутора Богомаза, землистая сера выделяется в серных источниках, находящихся в связи с нефтью [10]. Они выделяются в виде порошка из сероводородных источников около станицы Гостогайской [11].

В *Майкопском отделе* «налеты» серы наблюдались в гипсоносных третичных (средиземноморских) глинах в окрестностях ст. Ходыженской [12]. Судя по парагенезису, требует проверки (не феррисульфаты?).

В *Кутаисской губ.* сера давно указана около Зеглеви. Она встречается вместе с мелантеритом; образовалась распадением H_2S [13]. В *Сенакском у.* известна около сел. Старо-Сенаки; в *Шаропанском у.* сера указана у с. Бжиневи [14].

В *Терской обл.* в *Грозненском окр.*, в Аргунском ущелье, находится серная руда, параморфоза по β-сере. В пустотах ее встречаются хорошие кристаллы [15]. Сера наблюдается также в Екатерининских горячих водах по Тереку (отлагается на песчаниках) [16]. Мелкие кристаллики ее находятся вместе с кварцами в песчаниках вблизи Михайловской станицы, в связи с выделением H_2S [17]. С гипсом сера наблюдается около сел. Хитой, Цеси, Джагулдой и Зулисой [18]. Небольшое месторождение серы из бывших сероводородных источников находится на вершине горы Сенгеликорт (Серная

[1] Меллер и Денисов, 1900, стр. 148.
[2] Абих, 1866, стр. 81.
[3] Воскобойников и Гурьев, 1832, стр. 24.
[4] Абих, 1862, стр. 25; Меллер и Денисов, 1900, стр. 139.
[5] Дубянский, 1910; 1914.
[6] Динник, 1880, стр. 269.
[7] Кох, 1911, стр. 28—38.
[8] «Изв. Геол. ком.», 35, 1916, прот., стр. 180.
[9] Грум, 1855, стр. 311.
[10] Прокопов, 1914 (1), стр. 75.
[11] Губкин, 1915, стр. 66.
[12] Богданович, 1910, стр. 11.
[13] Воскобойников, 1826, стр. 56—57.
[14] Меллер и Денисов, 1900, стр. 147.
[15] Меллер и Денисов, 1900, стр. 140. О кристаллах см. Вернадский, 1902, стр. 480—495.
[16] Гильденштедт, 1780, стр. 393; Фальк, 1786, стр. 55.
[17] Кошкуль, 1879, стр. 182.
[18] Г. Смирнов, 1905, стр. 277.

вершина) — около с. Варанда в долине р. Аргуна. Другое такое же месторождение, тоже связанное с существующими сероводородными источниками, находится в ущелье р. Шаро-Аргун, около 6,5 км выше с. Улускерт — выделения в натеках в пещере Шеки-Хех (Шакингех)[1]. Есть и другие, ближе не определенные указания месторождений самородной серы. В *Нальчикском окр.* сера наблюдается на отрогах Эльбруса (см. выше); так, в долине р. Баксана, в моренах ледников, спускающихся с Эльбруса, встречаются куски серы, коренное месторождение которых неизвестно[2]. Точно так же найдены куски серы на леднике Азау, спускающемся с Эльбруса[3]. В озере, около впадения р. Урвань в Терек, осаждается землистая сера на дне вследствие выходов сернистых источников[4]. Наблюдалась сера в вулканических туфах долины р. Малки, у Эльбруса[5]. Серная р. Аргун несет много коллоидальной серы. Иногда коллоидальную серу находили и в воде р. Сунжи, куда впадает Аргун[6]. Во *Владикавказском окр.* корки кристаллической серы с реальгаром на опале в разрушенной вулканической породе найдены на леднике Кальптер[7]. В *Хасав-Юртовском окр.*, на левом берегу р. Сулака, в конгломератах сера встречена в цементе вместе с квасцами[8]. В *Пятигорском отделе* сера находится в грязи Тамбуканского озера. По анализу А. Фомина (1886), в ней 0,21—0,11 % S[9].

В *Тифлисской губ.*, в *Борчалинском у.*, в Алавердском руднике, находится порошковатая сера с реальгаром в сильно измененной кварцевой породе (в опале)[10]. Образовалась при разрушении пирита. В *Душетском у.*, около сел. Деси[11] и Абано (Трусовское ущелье)[12], сера образовалась из гипса, в связи с серными источниками. Сера отлагается и теперь. В *Тифлисском у.*, около Мухравани, сера выделяется из соляного источника[13]. Около сел. Кариндж сера указана в гипсовой брекчии на Чатын-Даге[14]. Сера выделяется в виде мелких кристаллов, богатых формами с преобладанием основной пирамиды, в серных источниках в Тифлисе, в Сололаках[15]. В *Сигнахском у.* сера выделяется из серных источников, в связи с нефтью в Ширакской степи, и в Эльдарском месторождении[16].

В *Черноморской губ.*, в *Сочинском отделе*, в 5 км к югу от Сочи, сера известна в пещерах сероводородного источника Мацеста и р. Агуры, с гипсом[17]; псевдоморфозы по β-сере, иногда кристаллы друзами на гипсе[18].

В *Эриванской губ.* сера указана в *Эчмиадзинском у.*, на горе Алагёз,

---

[1] Домбровский, 1916, стр. 181—182.
[2] Абих, 1862, стр. 25.
[3] Пятницкий, 1905, стр. 279.
[4] Дубянский, 1913.
[5] Коншин, 1899, стр. 141.
[6] Харичков, 1913, стр. 229.
[7] Орловский, 1898.
[8] Меллер и Денисов, 1900, стр. 140.
[9] Об этой сере (коллоидальной и кристаллической) см. Будрик, 1914, стр. 34 и сл.
[10] Коллекция Московского университета. Доставлена П. Н. Чирвинским в 1905 г. Морозов, 1912, стр. 120.
[11] Вернадский, 1902, стр. 482.
[12] Сопальский, 1856, стр. 107; Коншин, 1899; Меллер и Денисов, 1900, стр. 148; Симонович, 1901 (2). О кристаллах см. Вернадский, 1902.
[13] Бароцци де Эльс, 1829.
[14] Н. Лебедев, 1901, стр. 86.
[15] Абих, 1867, стр. 408.
[16] Рябинин, 1913, стр. 14—16.
[17] С. Залесский, 1848.
[18] Коллекция Московского университета. Доставлена А. Р. Кирилловой в 1910 г.

где когда-то сталактиты ее добывались местными жителями[1], в глине около сел. Имерлю[2]. В *Нахичеванском у.* некоторое время разрабатывалось месторождение серы около сел. Беченаг и Гюмюр[3], гнезда серы, связанные с серными источниками, лежат в трахите и мергелях[4]. В *Сурмалинском у.* налеты серы наблюдались на серном колчедане в Аргаджи, у подножья Арарата[5]. Очевидно, в вулканических областях Закавказья должны существовать многочисленные незначительные месторождения самородной серы, связанные с вулканами, пока не регистрированные.

269. Еще менее отмечены месторождения самородной серы в *Сибири.* Повидимому, наиболее значительные ее залежи находятся в Забайкальской области.

В *Забайкальской обл.*, в *Нерчинском окр.*, самородная сера изредка находится в верхних частях жил, например, в Старо-Зерентуйском руднике[6], в Шилкинском руднике (землистая)[7], в железной шапке Смирновского рудника; на руднике Чашкинский Ильдикан (почками)[8], в Степанопетровском руднике[9]. В более значительном количестве, кусками, она встречалась в Мокеевском прииске, около Воздвиженского рудника, с галенитом[10], и т. д.; попадалась гнездами в «отверделых охрах» с пиритом и сфалеритом в нижних работах Благодатского рудника[11], «бледная и красновато-желтая» сера с галенитом, сфалеритом и т. д. находилась в Букатуевском руднике (Кулибин)[11], немного серы с кальцитом и флюоритом встречено было в Кличкинском руднике[12]. Были попытки разработок серы около Ильдиканского рудника, в так называемой Серной горе; сера находилась здесь в известняках с кварцем, частью она попадалась в виде песка (известна с 1745 г.)[12]. Порошковатая сера выпадает из различных серных источников, развитых в некоторых участках области, например, из Амунджакских и Баунтовского около оз. Баунта[13], по р. Чикою, в 25 км от «Зимовья»[14]. На пластах угля на юго-восточном берегу Гусиного озера попадаются налеты серы[15]. В. Обручеву указывали, что по Хиле (впадает в Хилок), вблизи Гусиного озера, была когда-то разработка серы[16].

В *Иркутской губ.*, по р. Малой Быстрой, около Байкала, в метаморфических известняках мелкокристаллическая сера наблюдалась в связи с лазуритом. К сожалению, это оригинальное и своеобразное место-

---

[1] Н. Лебедев, 1901, стр. 184—186; Dubois de Montpéreux, 1859, стр. 331; K. Koch, 1843, стр. 389.
[2] Меллер, и Денисов, 1900, стр. 150.
[3] Риппас, 1869, стр. 399; Б. Винер, 1870, стр. 37; Цулукидзе, Халатов и Архипов, 1868, стр. 19.
[4] Н. Лебедев, 1901, стр. 106; Меллер и Денисов, 1900, стр. 150.
[5] Н. Лебедев, 1901, стр. 184.
[6] Злобин, 1823 (1), стр. 62.
[7] Георги, 1775, стр. 396.
[8] Реутовский, 1905 (1), стр. 228.
[9] Коллекция Томского университета. По указанию П. Пилипенко.
[10] Злобин, 1823 (2), стр. 81.
[11] Повидимому, эти работы составляли особый Екатериноблагодатный рудник. По Злобину (1823 (1), стр. 62; (2), стр. 87), сера встречалась здесь в галените. А. Кулибин, 1827, стр. 494—495. В Благодатном руднике сера, смешанная с серебристой свинцовой охрой, указана уже в «Neue Nordische Beiträge», IV, 1783, стр. 245 (должно быть, Карамышевым).
[12] Георги, 1775, стр. 348, 397. Ср. указания неизвестного русского автора в переводной статье у Палласа, 1783, стр. 244. См. Озерский, 1867 (3), стр. 71.
[13] Георги, 1775, стр. 118; Багашев, 1905, стр. 46, 52.
[14] Сиверс, 1793, стр. 228.
[15] Сергеев, 1897, стр. 77.
[16] В. Обручев, 1914, стр. 693.

рождение самородной серы едва описано и не изучено[1]. Из серных источников она выделяется в вулканической области около дер. Талой, у Тунки, в долине Иркута[2]. По р. Оке около дер. Тагинской, у пади Рудник, сера образовалась во время пожара каменного угля[3].

В *Приморской обл.*, в *Анадырском у.*, чукчи собирают серу на р. Серной, правом притоке р. Энмувэема[4]. Многочисленные выделения самородной серы известны на *Камчатке*, в связи с вулканической деятельностью; так, большие ее скопления наблюдаются в связи с деятельностью горячих грязевых конусов вулкана Узон, около Кроноцкого озера[5], в Авачинской сопке[6], иногда на Ключевской сопке[7], на восточном берегу полуострова, между Камчатским и Бобровым морем (54°7′—55°2′ с. ш.)[7] по рекам Камбалиной[8], Озерной и ее притоку Падье[9], по Большой реке[10], около Олюторска[11] — везде здесь сера образуется из H_2S. На севере Камчатки сера находится в связи со старыми вулканами по рекам Лесной и Витувее[12], вокруг Курильского озера и по р. Озерной, до ее устья[12]. Большие отложения серы — в фумароле кратера Шивелуч[13]. Указывали на нахождение слоя самородной серы по р. Тамлату; сера была прикрыта тундрой[14]. Самородная сера выделяется из горячих источников, например около острога Начики[15].

В Приморской обл., в 8 км на юго-восток от мыса Бринера, в молодой изверженной породе (андезине), богатой пиритом, находятся включения самородной серы. Китайцы давно ею пользовались[16].

В *Томской губ.* самородная сера встречалась на *Алтае*, в рудниках Николаевском и Змеиногорском[17], Черепановском и Петровском[18], изредка в медном Березовском[19]. Сера Николаевского рудника содержит селен. Она образуется разрушением сернистых соединений — при процессе их окисления в колчеданной зоне[20]. Землистая сера найдена в Салаирском кряже, в Пестеровском руднике (§ 255), на границе баритовой жилы с порфиром, в барите и порфире[21]. Иной тип ее нахождения представляют ее выделения во время каменноугольных пожаров, например в Ерунаковском месторождении по р. Томи[22].

---

[1] Версилов, 1857 (1), стр. 524; 1858, стр. 199.

[2] Меглицкий, 1856, стр. 160.

[3] Чекановский, 1874, стр. 200 — кристаллы и сталактиты. О сере пади Олигер, или Ольгур — от горения пластов угля, — см. Богданович, 1895, стр. 218. О сере у пади Рудница см. Богданович, 1896, стр. 102 (сера выделяется и в другом месте, в $1^1/_2$ км дальше — падь Белигир).

[4] Н. Полевой, 1915, стр. 113.

[5] Крашенинников, 1755, стр. 189; Диттмар, 1901, стр. 644 и сл.

[6] Коллекция Академии Наук.

[7] Erman, 1848, стр. 376, 526—527.

[8] Крашенинников, 1755; Паллас, 1793, стр. 274.

[9] Крашенинников, 1755; Erman, 1848, стр. 526—527.

[10] Паллас, 1793, стр. 274.

[11] Крашенинников, 1755. Самая чистая и прозрачная. Здесь она «из каменных гор каплет».

[12] Слюнин, 1900, стр. 177, 184.

[13] П. Шмидт, 1916, стр. 213.

[14] Erman, 1848, стр. 376.

[15] Диттмар, 1901, стр. 385.

[16] Н. Полевой, 1917, стр. 283.

[17] И. Герман, 1793, стр. 350.

[18] Коллекция Томского университета. Пилипенко, 1915, стр. 319 и сл.

[19] Гривнак, 1873, стр. 226.

[20] Пилипенко, 1915, стр. 319, 320, 322.

[21] «Горн. журн.», 1844, III, стр. 282 и сл.; Щуровский, 1846, стр. 227 и сл.; Богданович, 1883, стр. 152—153.

[22] По сообщению В. Мамонтова. Пожар длился еще в 1910 г., начался в 1883.

В *Якутской обл.*, в *Верхоянском окр.*, в Кисил-Балыктахских горах, сера встречается в гипсе. Выпадает из серных источников по рекам Хатын-Юряху, Булгуняку (приток Наманы), Кемпендяю[1]. В *Якутском окр.*, в Кангаласском Камне на Лене, выше Якутска, наблюдается землистая сера, образовавшаяся из марказита. Указана в окрестностях горы Мангарыр-Хая, по р. Ыгетты[1].

270. В *Степной и Средне-Азиатской России* наиболее значительные месторождения самородной серы находятся в *Закаспийской* и *Ферганской обл.*

В *Семипалатинской обл.*, в *Павлодарском у.*, сера указана в Шуптыкульском руднике, около Джелтавского пикета, в Макарьевском свинцовом руднике[2].

В *Закаспийской обл.*, в *Красноводском у.*, на *о-ве Челекен*, сера встречена в виде белого порошка в устьях источников, например в уроч. Мирзабек, к югу от уроч. Але-Тепе в Закохрачье. Иногда вместе с сопочной грязью, гипсом, натроярозитом и т. д. она образует конусы бывших источников, местами скопляющиеся группами по сбросам (около Эк-Ситля). В этих конусах попадаются кристаллы серы[3] (ср. § 244). На материке, около ж. д. станции Бала-Ишем, близ Лама-Бурун, в горах Большие Балаханы, на возвышенности Кукуртли (около оз. Кукурт-Ата), сера находится с гипсом, галотрихитом и т. д.[4]. Около берега Балхашского залива, на п-ове Дардже (около ст. Узун-Ада), всюду в заливчиках идет образование серы под влиянием серных бактерий[5]. Около Чикишляра порошковатая сера выделяется в некоторых сопках (Кипящий бугор, содержит H_2S)[6]. В окрестностях Боядага порошковатая сера выделяется из источников, выделяющих H_2S[7]. Оригинальное и, повидимому, очень богатое и большое месторождение самородной серы известно в пустыне *Кара-Кумы*, на значительной площади, около колодцев Шиих и Дамлы. Серные бугры иногда прикрыты белыми или светлосерыми кремнистыми туфами, переходящими в песчаники. Верхние горизонты руды брекчиевидны. Сера находится здесь в виде цемента с гипсом в верхнетретичных песчаниках, в размытых, древних берегах постплиоценового моря. Песчаники пронизаны жильными выделениями самородной серы, иногда наблюдаемой в кристаллах. В цементе находится 45—80% S. Запасы ее значительны, и она разрабатывалась одно время кочевниками[8]. Близ кол. Шорджа на западе *Малого Балхана*, в 15—18 км от ст. Айдин Ср.-Аз. ж. д., сера приурочена к нижним слоям акчагыльских отложений и находится в гипсоносных песчаниках, в тесной связи с битуминозным веществом[9]. Процент серы в верхних частях 7—10. Общие запасы не очень велики. В одном из более

---

[1] Драверт, 1910 (1), стр. 6; (2), стр. 32, 35. В базальтовом поле около Витима. Б. Поленов (1899, стр. 348) думал видеть следы бывших сольфатар.

[2] Высоцкий, 1896, стр. 11; Реутовский, 1905 (1), стр. 99, 186 (месторождение Владимировское).

[3] Маевский, 1897; А. Иванов, 1909, стр. 182. О кристаллах см. Шкляревский, 1902, стр. 477.

[4] Маевский, 1897, стр. 81—82. О кристаллах см. Вернадский, 1902, стр. 485 и сл.

[5] Андрусов, 1897.

[6] Калицкий, 1914, стр. 489.

[7] Там же, стр. 216.

[8] Впервые отмечена поручиком Калитиным. См. Коншин, 1883, стр. 325; 1889, стр. 289 и сл.; 1888, стр. 26; Нацкий, 1917 (1), стр. 16.

[9] Нацкий, 1917 (1), стр. 17 — кое-какие неясные данные о ее возможном практическом значении.

разведанных месторождений около 11,5 тыс. т[1]. Кроме перечисленных указаний на серу можно еще отметить указания на аналогичные месторождения Бурун-Су (около истоков Бурун-Су) у подошвы юго-западной оконечности Данатинской складки[2], на местонахождение Кукурт-Ата близ Карабугазского завода, к северу от Красноводска[2]. Сера в связи с гипсом находится также в мергеле в *Теджeнском у.*, в ущелье Ходжа [впадает в р. Келат (Душак)]; она добывалась персами[3]. Самородная сера наблюдается и во многих других местностях области, например, землистая указана у колодца Косынь, в 80 км от Красноводска[4], у Карабугаза, Келатских гор, Кюряндага, Боядага, р. Атрека и т. д.[5].

В *Туркестане* мы имеем указания на существование залежей серы, заслуживающих внимания, но совершенно не изученных[6]. Ниже перечислены имеющиеся указания.

В *Самаркандской обл.* сера известна по р. Ягнобу и ее притокам в Фальгарской и Искандеровской волостях *Самаркандского у.*[7]. Повидимому, к этой же области принадлежит старинное месторождение бухарской серы, связанной с каменноугольными пожарами, около Вайрабада, на берегу р. Фана[8]. Сера выделяется разложением газов, выходящих из трещин известняка (в связи с горением угля)[9].

В *Семиреченской обл.*, около Копала, сера выделяется из серных источников Новых Арасанских[10]. «Серный цвет» выпадает из источников на южном берегу Иссык-Куля, около устья Каракола[11].

В *Сыр-Дарьинской обл.*, в горах Шейх-Джели (на некоторых картах — Султан-Уиз), во времена хивинцев разрабатывалась сера[12].

Многочисленные месторождения серы известны в *Ферганской обл.*[13]. Они могут быть разделены на два типа, может быть, находящихся в генетической связи. С одной стороны, они представляют современные выделения порошковатой серы из серных источников. Эти серные источники сопровождают выделения нефти, приноровлены к главным дислокациям, прорезающим Ферганскую долину. С другой, — они образуют залежи серы в связи с гипсами, принадлежащими к тем же слоям нижнетретичного возраста (так называемый ферганский ярус, может быть, относящийся к верхнему мелу), к которым относится и нефть. Известняки, рухляки и песчаники ферганского яруса окаймляют с юга, востока и севера Ферганскую

---

[1] Нацкий, 1917 (2), стр. 54—55.
[2] Нацкий, 1917 (1), стр. 18, 19.
[3] Цимбаленко, 1896, стр. 15.
[4] Коллекция Московского университета. Доставлена Д. Хомутовым в 1895 г.
[5] Коншин, 1888, стр. 31.
[6] В посмертном сочинении И. Мушкетова (1906, стр. 323) указано, что все эти месторождения не имеют значения и что они связаны с каменноугольными пожарами. Повидимому, тут произошло недоразумение. в котором виноваты составители тома.
[7] Н. Барбот де Марни, 1896, стр. 23. В коллекции Московского университета находятся кристаллы серы из окрестностей Самарканда. Поступили от полковника Боршевского через В. Соколова и В. Цебрикова в 1901 г.
[8] Богословский, 1842, стр. 16. Месторождение, указанное Богословским по р. Фану (а не Фону), идентично с месторождением по р. Ягнобу (по дороге в Сарваду, Кантаг). См. Вебер, 1913, стр. 139.
[9] Федченко, 1872, стр. 83; Мышенков, 1873; 1871 (2); 1871 (1).
[10] Абрамов, 1858, стр. 17.
[11] И. Мушкетов, 1906, стр. 76.
[12] Муравьев, 1822, стр. 19.
[13] Уже Вельяминов-Зернов (1857, стр. 124) указывал: «Сера находится около Уратюба, Ляль-Кана и почти во всех горах».

долину и достигают значительной мощности[1]. Отложения серы наиболее развиты в юго-западном углу — в *Кокандском у.*, и в северо-восточном — *в Наманганском.* В *Кокандском у.*, в 29 км от Коканда, давно известно ее месторождение около Карым-Дувана (иначе — Камыш-Баши), например к югу от Карым-Дувана — в Шор-Су, в мергеле с гипсом и озокеритом[2]. Здесь в связи с ромбоэдрами кальцита наблюдаются и кристаллы серы (битуминозные) в плотной серной руде (параморфозе по β-сере?) на контакте известняка с озокеритом. Кристаллы обычных комбинаций ({111}, {1$\bar{1}$1}, {113}, {1$\bar{1}$3}, {011})[3]. Это месторождение не раз разрабатывалось. Общее содержание серы в руде около 20%. Другое давно указано около Лякана, где связанная с гипсом сера встречается вместе с квасцовым камнем[4]. Близ *Намангана* она встречена также в виде хороших кристаллов в гипсе[5]. В *Андижанском у.* порошковатая сера выделяется из серного источника, выходящего в нефтяном месторождении в Майли-Су и в Ишек-Эльди (Теке-Бель)[6]. В *Маргеланском хребте* сера найдена в связи с графитом по р. Кичик-Алай, у р. Талды-Кол[7]. В *Ошском у.*, на Памире, на оз. Кара-Куль, выделяется на одном из островов (?) сера, которую сбывали в Кашгар[8]. В нижних частях долины[9]. Выцветы серы указаны в связи с корками гипса на углистых сланцах, в генетической связи с углем по Ош-Наукатской дороге, в разведках Спечова на Япалаке, или Джатым-Чакмаке[10]. Мелкая сера в виде зерен находится в иле Аральского моря[11].

271. В *Бухаре* сера указана уже в XVIII столетии и, повидимому, издавна служила предметом добычи. Повидимому, здесь главным образом развиты отложения, связанные с серными источниками. Так, в *Гиссарском бекстве*, в южных отрогах Гиссарского хребта, из верхних меловых известняков южнее уроч. Чильор (Хочильяр) выходит серный источник[12]. В долине Чашма порошковая сера известна в связи с гипсами[13]. Серный цвет отлагается местами при спаде вод в ложе рек и ручьев, стекающих с Гузарских гор в местах выходов гипсов, например, в Катта-Уру-Дарье, Кчи-Уру-Дарье и т. д. Сера выпадает вместе с выцветами солей и происходит разложением H_2S[13]. Очевидно, к тому же типу относятся старинные указания на нахождение серы в связи с нашатырем около Гиссара[14]. В *Ширабадском бекстве*, в 26 км от Ширабада, у мазара Ходжа-Ипак, около нефтяного источника Шакарлык-Астана, наблюдаются прожилки серы в известняке с гипсом и целестином. Так же с гипсом — в горах Ак-Тау и Шакарлык-Астана, в 23 км к северо-северо-востоку от г. Келифа[15].

---

[1] О ферганском ярусе см. Д. Соколов, 1909, стр. 44 и сл.

[2] Романовский, 1878, стр. 37; Марковский, 1901, стр. 45 и сл.; Вебер, 1915, стр. 421, 424, 425; Калицкий, 1915, стр. 29 и сл.

[3] Коллекция Московского университета. Поступила от Вебера в 1904 г. и от Глушкова в 1906 г.

[4] Вельяминов-Зернов, 1857, стр. 124. Мушкетов, 1886, стр. 505, 683.

[5] Мушкетов, 1906, стр. 331.

[6] Калицкий, 1914, стр. 769.

[7] Ср. указания Фосса для Тараш-Айрына у Вебера, 1913, стр. 114.

[8] Венюков, 1861, стр. 152.

[9] Серебренников, 1902, стр. 192, 136.

[10] «Изв. Геол. ком.», 1911, стр. 839—840.

[11] Сидоренко, 1911, стр. 57.

[12] Бронников, 1908. По указанию В. Вебера.

[13] Мушкетов, 1886, стр. 544, 542.

[14] Фальк, 1786, стр. 55.

[15] Вебер, 1913, стр. 165—166.

На *Памире*, в *Памирской волости*, найдена сера у перевала Пшарт[1]. Любопытно отсутствие серы в минералогически хорошо изученной Финляндии.

272. Определение. β-сера может быть узнана только по псевдоморфозам ее в α-серу, иногда измеримым. Плотная α-сера, происшедшая из β-серы, совершенно непрозрачна, матова и имеет характерное зернистое строение. В пустотах ее можно видеть волокнистые и таблитчатые кристаллики (β-серы), превратившиеся в агрегат микроскопических кристаллов α-серы.

α-сера. Для кристаллов ее характерны углы:

$$001 : 011 = 62°17'$$
$$001 : 101 = 66°52'$$
$$111 : 001 = 71°40'$$
$$113 : 001 = 45°9'$$

Жирный блеск. Желтый цвет. Порошок бесцветен. Несовершенная спайность по {001}, {110} и {111}. Твердость 1—2. Уд. вес 2—2,1. Плавится и горит синим пламенем. Нерастворима в H_2O и кислотах (кроме дымящейся азотной кислоты и царской водки). Растворима в скипидаре, CS_2, бензине и т. д. Из раствора при обычных условиях испарения выпадают пирамидальные кристаллы α-серы.

Природный углерод

Алмаз. Борт. Карбонадо. Графит (?) Графитит. Щунгит

273. Химический состав и явления полиморфизма. Углерод обладает резко выраженной способностью давать многочисленные полиморфные разности. Некоторые из них являются чрезвычайно устойчивыми, существуют продолжительное время рядом, без взаимных переходов при земных условиях. Они могут давать одна с другой физические смеси, поглощать разнообразные органические тела, одновременно с ними образующиеся, и этим в высшей степени затрудняют выделение их в чистом виде и определение их свойств. Этим отчасти объясняется то, что отдельные исследователи допускают существование различного количества разностей углерода и в то самое время, как одни, например М. Бертело, Люци, Муассан, допускали много его разностей, другие, как Вейншенк или Ле Шателье, останавливаются на трех или даже на двух его разновидностях, считают все описанные тела за видоизменения алмаза, графита, угля[2]. Эти колебания свойств и резкие различия в характере полиморфных разностей вызвали даже попытки объяснить эти явления не полиморфизмом, а полимерией. Как указывал М. Бертело, при таком предположении каждая разность углерода является как бы особым элементом, различаясь уже в своих соединениях. Ход научного развития не дал, однако, опоры этой гипотезе[3].

[1] Чейкин, 1914, стр. 183.

[2] Литература о полиморфных разностях углерода огромна: M. Berthelot, 1870, стр. 392 и сл.; Luzi, 1891 (2), стр. 224; 1891 (1), стр. 4085; 1892 (1), стр. 216; D. Berthelot, 1894, стр. 44; Moissan, 1896, стр. 513; 1897, стр. 53 и сл.; Weinschenk, 1897 (2), стр. 291; C. Hintze, I, 1898, стр. 48; Roozeboom, 1901 (1), стр. 179—180; Moissan, 1905, стр. 194 и сл.; Groth, 1906, стр. 11; Le Chatelier, 1908, стр. 37 и сл.; Gutbier, 1910, стр. 477 и сл.; Tammann, 1921. См. теоретические представления о разностях углерода у H. Meyer, 1914, стр. 163. Ср. W. Roth u. H. Wallasch, 1915.

[3] Ср., впрочем, D. Berthelot, 1894, стр. 54, 78; Менделеев, 1906, стр. 141; Groth, 1906, стр. 11.

Несомненно, все полиморфные разновидности углерода могут быть разбиты на два больших класса, типичными представителями которых могут быть приняты алмаз и графит. Трудно представить себе различие большее, чем эти два минерала. Твердый, тяжелый, блестящий, прозрачный бесцветный алмаз и мягкий, легкий, непрозрачный, матовый черный графит по внешности являются антиподами. Около них группируются многочисленные полиморфные разности; существование некоторых из них едва ли можно в настоящее время оспаривать. Таким образом, подобно тому, как это нередко наблюдается в области полиморфизма, можно различить здесь два полиморфных семейства: 1) алмаза и 2) графита.

274. В первом семействе можно выделить две разности: 1) прозрачный алмаз с удельным весом около 3,52 правильной системы, строения $3\lambda^2 4L^3\ 6P$, и 2) непрозрачный карбонадо с удельным весом 3—3,2[1], также правильной системы, но класс которого нам неизвестен. Структура алмаза выяснена Брэггом в 1913 г. Ячейка — гранецентрированный куб с четырьмя атомами углерода внутри малых кубов и расположенных тетраэдрически (тип ZnS). Длина ребер элементарного куба — $3{,}53 \cdot 10^{-8}$ см. Каждый атом C окружен четырьмя другими атомами с наиболее коротким расстоянием между ними $1{,}53 \cdot 10^{-8}$ см[2].

Точно так же и в семействе графита можно отличить по крайней мере две разности: 1) графит с уд. весом[3] около 2,25, гексагональной системы, и 2) шунгит[4] (так называемый аморфный уголь) с удельным весом около 1,8—1,9, система которого неизвестна[5]. Для графита каждый атом в плоскости (0001) окружен тремя атомами углерода (на расстоянии $1{,}45 \cdot 10^{-8}$ см) с λ^3, и перпендикулярно ей — слои атомов, на расстоянии $3{,}41 \cdot 10^{-8}$ см. Отражение ароматических и жирных соединений. С химической точки зрения пытаются рассматривать графит как производное бензола, а алмаз — гексаметилена[6]. Но на этих двух разностях не заканчивается сложность явления. Очень возможно, что разностей так называемого аморфного угля есть несколько[7].

Кроме этих полиморфных разностей (разных твердых фаз), необходимо выделить, как отдельные минералы (§ 8), еще минералогические разновидности, которые, может быть, не отличаются по фазе: во-первых, окрашенные разности алмаза, которые представляют собой слабые твердые растворы ближе не известных, очень стойких веществ[8]. Эти разности обладают особыми

[1] Это отличие удельного веса Риво (Rivot, 1849, стр. 317), Розе (G. Rose, 1873, стр. 534) и Гинтце (C. Hintze, I, 1898, стр. 10) объясняют пористостью карбонадо. Розе (G. Rose, 1873, стр. 535) и, следуя за ним, определеннее, Муассан (Moissan, 1896 (2), стр. 210) считают карбонадо за алмаз, в котором примешано или растворено иное углистое вещество. По Муассану, оно сгорает иногда при 200°.

[2] Рентгенограмма алмаза и углерода Olie o Byl, 1917 — алмаз и графит.

[3] Наиболее точные данные см. Ле Шательье и Вологдин, 1908, стр. 53.

[4] Шунгит из Род-Айленда был отделен от каменных углей под названием антрацита Карстеном (C. Karsten, 1826, стр. 90). Название «шунгит» было дано А. Иностранцевым (1885, стр. 309). Я буду употреблять это название более широко — для обозначения природного аморфного углерода. О кристаллической разности углерода с удельным весом 1,9, в жильных местностях, см. Breithaupt, 1859.

[5] Ле Шательье и Вологдин, 1909, стр. 1715 и сл. Ср. указания на кристалличность угля — § 280, 281.

[6] Crehore, 1915, стр. 257; Sachse, 1893, стр. 203; Войнич-Сяноженцкий, 1910.

[7] Для угля при температуре около 300° существует скачок в величине различных физических свойств. Ср. Le Chatelier, 1908, стр. 72. Сажа, по Дебаю,— есть графит.

[8]. Ср. Doelter, 1911 (1), стр. 36 (литература).

условиями генезиса и отличными от бесцветного алмаза физическими свойствами. Я буду называть такие окрашенные разности алмаза борт о м[1]. Некоторые борты, может быть, содержат тонкую примесь шунгита или графита, давая, следовательно, столь обычные минеральные смеси из двух твердых фаз одного и того же состава.

Удобно выделить также одну из разностей графита, которую можно назвать графититом. Графитит[2] состоит из графита, тесно смешанного с так называемым аморфным углеродом (шунгитом) или с какими-то органическими соединениями. Как по своим свойствам, так и по условиям парагенезиса графитит отличается от обыкновенного графита; между ними наблюдается постепенный переход друг в друга, может быть, в связи с переходом всех природных разностей углерода в графит. Есть переходы от графитита в шунгит.

С минералогической точки зрения — даже при тождественности твердых фаз графита и графитита — их отличие, как отдельных минеральных видов, может быть сделано с тем же правом, с каким мы отличаем кварц или горный хрусталь от кремня.

Итак, можно думать, что природный углерод распадается на: 1) семейство алмаза — алмаз, борт, карбонадо и 2) семейство графита — графит, графитит, шунгит. Эти шесть минералов, вероятно, отвечают четырем твердым фазам углерода.

275. Химический состав этих тел лишь в общих чертах соответствует чистому углероду; обычно наблюдаются примеси, может быть, иногда механические — большей частью ничтожные, реже значительные, доходящие до нескольких процентов. Химический состав этих тел был установлен значительно позже их минералогического выделения. Он был выяснен для алмаза в конце XVIII и начале XIX столетия Лавуазье и Теннантом; для графита — гораздо позже, ибо еще в 1820-х годах такие химики, как Тенар, считали его углеродистым железом и лишь в 1840-х годах Берцелиус окончательно отнес его к полиморфной разности углерода, на что указывали уже раньше другие, например Поггендорф[3], Карстен и Сефстрём[4].

Наиболее богат примесями графит. Очень трудно получить для анализа графита химически чистое вещество; огромная масса анализов относится к массивному графиту, механически захватившему посторонние примеси[5]. Однако и тщательно отобранный кристаллический графит содержит, кроме углерода, повидимому, всегда водород (может быть, в форме газов?). Так, по анализам Люци, кристаллические чистые графиты

---

[1] «Бортом» называют обычно темноокрашенные и плохо выкристаллизованные разности алмаза. Таким образом, название, употребляемое в этой работе, не вполне совпадает с другими употреблениями слова «борт».

[2] Название «графитит» было дано впервые Люци (Luzi, 1891 (2), стр. 244) для обозначения плотных разностей графита, не дающих вспучивания с азотной кислотой (§ 310). Идентичность по крайней мере части вещества графитита с графитом кажется мне несомненной после работ Вейншенка, но в то же время едва ли можно все плотные разности графита целиком переносить в графитит, так как они нередко дают смешанные реакции, указывающие на постороннюю значительную примесь или угля (шунгита) или поликарбоновых тел. Под понятие «графитит», употребляемое в этом сочинении, подходят как графит Люци, так и много других веществ, соединяемых обычно под названием углистых веществ, иногда землистого графита.

[3] Poggendorff, 1826, стр. 528; 1829, стр. 168.

[4] Sefström, 1829, стр. 145; C. Karsten, 1822 — 1823, стр. 69 — 70; 1826, стр. 92. Карстен первый доказал элементарную природу искусственного графита.

[5] См. библиографию анализов у Moissan, 1905, стр. 223. Сводка у Heinisch, 1911, стр. 64.

заключают 99,8—99,95% C и 0,1—0,3% H[1] Может быть, всегда находится в нем и небольшое количество азота.

В плотных графитах и графititах постоянно находятся газообразные вещества, которые легко выделяются из них в безвоздушном пространстве при нагревании. Их количество — по отношению к объему — колеблется от 0,2 (Цейлон) до 2,6 (Борроудаль, Ботогол) объема графита[2]. Газы эти состоят из CO_2 (36,4—66,6%), CO (6,2—14,8%), H (сл.—22,2%), CH_4 (3,7—26,10%, N (4,2—6,6%)[3]. Неясно, однако, не изменяется ли при нагревании, для получения газов, состав графитов и не образуются ли выделяющиеся газы при изменении графита во время его нагревания.

Графиты постоянно содержат большое количество «золы», которая, несомненно, происходит от чисто механической смеси их с материнскими породами и минералами. Состав ее меняется для графитов разного происхождения. Зола графитов, образовавшихся из каменного угля (§ 293), вполне отвечает по составу золе каменного угля. Зола графитов других месторождений обычно от них отличается[4]. В золе графитов из Жекуитинонья в Минас-Жераис и из Сао-Фиделис в Рио-де-Жанейро в Бразилии находится монацит[5] — явление, известное и для каменных углей. Количество золы, очевидно, сильно колеблется и достигает нередко более половины всей графитовой массы, например, средние технические анализы дают для ботогольского графита 59% золы, для цейлонского 32,5%[6]. Очевидно, никаких закономерностей здесь ждать нельзя. В некоторых графитах наблюдается небольшая примесь аммиака, что, может быть, также связано с происхождением его из каменного угля. Очень обычна примесь железа, которое, однако, по указанию уже Карстена и Сефстрёма, находится в форме кислородных соединений и потому, вероятно, принадлежит к механическим подмесям.

Графиты — особенно в порошковатых формах — поглощают значительное количество воды вследствие своей гигроскопичности. Может быть, однако, их гигроскопичность зависит от примеси глинистых тел.

Шунгиты заключают также значительное количество воды (удаляемой при температуре ниже 130°), в среднем около 7,8%; за ее исключением, их состав выразится в среднем 98,1—98,3% C, 0,4% H, 0,4% N и около 1% золы, состоящей из Fe_2O_3 и SiO_2[7]. Таким образом, по валовым анализам они представляют переход к антрацитам. Едва ли, однако, можно отсюда заключать об их химическом сходстве. Как известно, каменные угли и антрациты с химической точки зрения до сих пор остаются мало изученными. Несомненно, они являются смесями разных химических соединений. Однако существование в этой смеси сколько-нибудь значительных количеств самородного углерода является недоказанным. В отличие от шунгита, каменные угли, даже антрациты, состоят в главной своей части из поликарбоновых соединений O, H и N. Впрочем, в природе

---

[1] Luzi, 1891 (1), стр. 4091. К сожалению, анализов очень чистого (кристаллов) графита мало. Количество водорода в графитах, недостаточно очищенных, очень велико. См. анализы у Rammelsberg, 1875, стр. 1; Heinisch, 1911. Муассан (Moissan, 1905, стр. 225) не считает присутствие водорода в чистом графите доказанным; может быть, он происходит от гигроскопической воды.

[2] Ansdell a. Dewar, 1886, стр. 555.

[3] Ansdell a. Dewar, 1886. Ср. также Luzi, 1891 (2), стр. 256. Люши думал, что этот водород отчасти происходит из углеводородов, заключающихся в графите.

[4] Donath, 1904, стр. 67 и сл.

[5] Derby, 1902, стр. 211.

[6] Donath, 1904, стр. 73. Тут и другие числа.

[7] Иностранцев, 1879, стр. 315 и сл.

есть еще случаи образования свободного углерода в виде природных коксов (§ 292), содержащих всегда аморфный углерод.

276. Алмаз и борт по анализу являются почти химически чистыми, давая ничтожное количество золы (всегда содержащей железо)[1], причем этот остаток находится в значительно большем количестве (меньше 0,1%) в бортах. Описан борт из Южной Африки, имеющий магнитные свойства, так называемый стюартит (stewartite)[2]. Кроме железа зола содержит Si, Ca, Mg, часто Ti.

Карбонадо содержит O и H; в нем всего 96,8—99,7% углерода. Зола его содержит Fe и Ti[3].

Зола может происходить от механических примесей — включений. Для кристаллов алмаза включения очень характерны[4]. С одной стороны, алмазы включают кристаллы алмаза же, другой окраски, а затем содержат самые разнообразные минералы — анатаз, топаз, гематит, пирит, золото и т. д. Нельзя не отметить среди их включений какой-то углеродистой разности, более легко окисляемой, чем чистый алмаз (может быть графита?), и жидкостей (частью жидкой CO_2).

277. Физические свойства. Алмаз и борт довольно часто встречаются в ясных полиэдрах, которые принадлежат к строению $3\lambda^2 4L^3 6P$ кубической системы[5]; обычно, однако, они дают комбинации, по наружному виду соответствующие голоэдрии: так, весьма часто наблюдается октаэдр (рис. 95—97).

Алмаз беден простыми формами роста. По критической проверке А. Ферсмана и В. Гольдшмидта, только 14 форм могут считаться установленными[6]. Наряду с ними существуют многочисленные вторичные формы разъедания.

Кристаллы алмаза из разных местностей дают различные господствующие формы, что может быть связано с различными условиями их образования; так, например, $\{hkl\}$[7] и $\{hko\}$[8] характерны для старых индийских алмазов; {110}, $\{hkl\}$[9], отчасти {100} — для бразиль-

[1] Муассан не нашел железа только в одном зеленом борте из Бразилии (Moissan, 1893 (1), стр. 460; 1896 (1), стр. 485).

[2] Sutton, 1911.

[3] Doelter, 1911 (1), стр. 31 (по Иппену).

[4] Moissan, 1905, стр. 208 (дана и литература); M. Bauer, 1909, стр. 142.

[5] О кристаллической форме алмаза см. Des Cloiseaux, 1874, стр. 17; G. Rose u. A. Sadebeck, 1877, стр. 85 и сл.; Martin, 1878, стр. 522; Baumhauer, 1881, стр. 91; Boutan, 1886; C. Hintze, I, 1898; Groth, 1906, стр. 13. По мнению Грота (Groth, 1914, стр. 70), алмаз не может принадлежать к классам, обладающим плоскостями симметрии. См. W. a. L. Bragg, 1913, стр. 277; E. Keller, 1915; Kaiser, 1909, стр. 236 и сл.; M. Bauer, 1909; Ферсман и Гольдшмидт, 1911, стр. 42, 66. Точные данные о форме дал уже Роме Делиль (1783). Гемиэдрия должна считаться установленной, особенно после работ А. Ферсмана и В. Гольдшмидта; однако в 1907 г. Ван дер Веен пытался доказать голоэдрию алмаза и повторил свое утверждение о голоэдрии алмаза в 1911 г., основываясь главным образом на отсутствии в алмазе явлений пиро- и пьезоэлектричества (Van der Veen, 1907 и 1911). Однако триболюминесценция в алмазе несомненно доказывает наличие этих явлений, которые мы только не можем сделать ясными обычным путем. О кристаллической структуре борта см. Еремеев, 1898.

[6] У Ферсмана и Гольдшмидта (1911, стр. 6) даны обозначения форм голоэдрии. Не может считаться существующей, как форма роста, уже такая простая форма, как {120}, наблюдавшаяся Розе и Задебеком в 1876 г.

[7] {123}, {134} и т. д.— обычно в форме сорокавосьмигранника, т. е. {123} и $\{1\bar{2}3\}$ одновременно.

[8] {210}, {310}, реже — другие.

[9] {123}, {134} и т. д.,— обычно в форме сорокавосьмигранника, т. е. {123} и $\{1\bar{2}3\}$ одновременно.

ских, {100} — для уральских, {110}, {*hkl*}[1] — для южноафриканских и т. д. В Южной Африке алмазы из разных местностей и даже из разных частей одной и той же трубки различаются по форме (§ 286). Однако эти различные типы кристаллов обусловливаются отнюдь не явлениями роста. Господствующей формой роста являются всегда два тетраэдра[2].

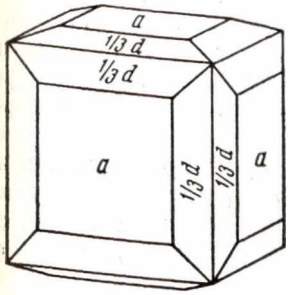


Рис. 95. Алмаз.
По Розе и Задебеку, 1876.
a {100}, 1/3 *d* {130}

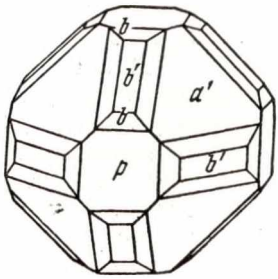


Рис. 96. Алмаз, должно быть, из Бразилии.
По Леви, 1837.
p {100}, *b'* {110}, *b* {*h*01}, *a'* {111}

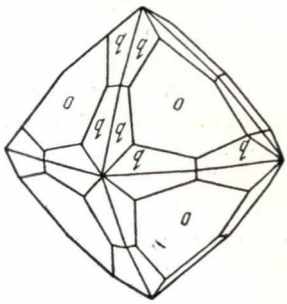


Рис. 97. Алмаз из Южной Африки.
По Розе и Задебеку, 1876.
o {111}. {1$\bar{1}$1}, *q* {156}

Кристаллы алмаза и борта очень часто дают двойники срастания, обычно по {111}, и более редкие двойники прорастания по {100} с углом поворота вокруг λ^2 в 90°[3] (рис. 98—100). Наблюдаются и параллельные срастания (рис. 101), проще объясняемые разъеданием.

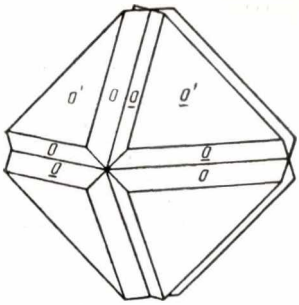


Рис. 98. Двойник алмаза.
По Розе и Задебеку, 1876.
o {111}· {1$\bar{1}$1}

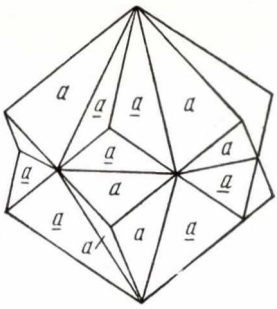


Рис. 99. Двойник алмаза по {100} из Бразилии.
По Розе и Задебеку, 1876.
a {100}

---

[1] {123}, {134} и т. д. — обычно в форме сорокавосьмигранника, т. е. {123} и {12$\bar{3}$} одновременно.

[2] Можно говорить лишь о преобладании той или иной господствующей формы; так как алмазы находятся в россыпях, то в них попадаются и более редкие кристаллы среди тысяч обычных. Впрочем, кубические кристаллы, повидимому, очень редки в Южной Африке. По Уильямсу, их не находили лица, обязанные просматривать добываемые алмазы (Williams, 1902, стр. 2—3). См., впрочем, указания Моленграафа у J. Johnson, 1910, стр. 39.

[3] Ферсман и Гольдшмидт, 1911, стр. 8, 23.

Полиэдры алмаза нередко изогнуты и плоскости искривлены, что — в зависимости от ниже указываемых явлений разъедания — находится в связи с сильным поверхностным их натяжением (рис. 102 и 103). Этим натяжением вызывается и то, что свежие кристаллы алмаза нередко растрескиваются без всякой видимой причины и мелкие кристаллики разлетаются по спайности.

Помимо такого искривления плоскостей, обычны шаровые конкреции, более или менее правильные сростки отдельных неделимых алмаза[1]. Благодаря тому, что алмаз легко растрескивается и в то же время обладает совершенной спайностью по {111}, очень часты его мельчайшие остроребёрные осколки; в конце концов, этим путем алмаз распыляется и переходит в новые формы соединений углерода (§ 34).

В наружной форме алмазов чрезвычайно характерны тесно связанные с их образованием в магмах явления разъедания и растворения, на которые обратил внимание уже Розе[2]. Наблюдения Ферсмана и Гольдшмидта (1911, стр. 8 и сл., 25 и сл.) ясно указывают, что форма, например,

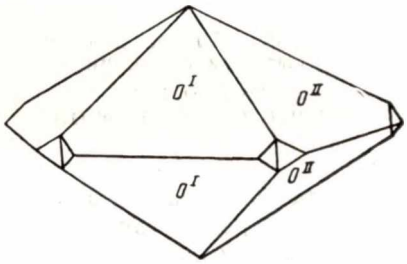


Рис. 100. Двойник алмаза из Бразилии.

По Задебеку, 1876. $o\{111\}$

Рис 101. Параллельный сросток алмаза из Бразилии. Октаэдрический кристалл превращается в додекаэдрический. Схема явлений разъедания

По Розе и Задебеку, 1876

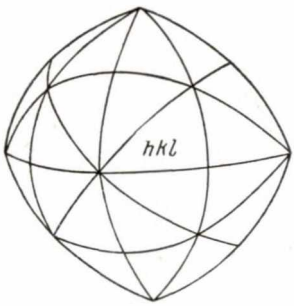


Рис. 102. Закругленный сорокавосьмигранник двойника алмаза из Бразилии.

По Розе и Задебеку, 1876

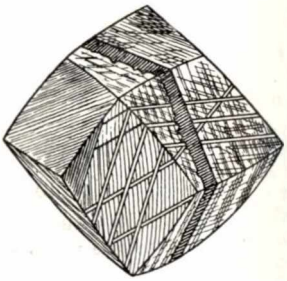


Рис. 103. Ромбический додекаэдр алмаза; пронизан двойниковыми пластинками

По Розе и Задебеку, 1876

[1] Эти шаровые конкреции, может быть, представляют своеобразную форму кристаллических собраний, образующихся при определенных внешних условиях.

[2] G. Rose, 1873, стр. 522.

кристаллов южноафриканских алмазов, в значительной степени обусловливается этими явлениями и не есть чистая фигура роста. Кристаллы стремятся к определенной фигуре равновесия, напоминающей {100}, но более близкой к {203} или {304}. В связи с этим можно наблюдать в кристаллах алмаза не только изменение наружной формы — ее переходы от форм роста к формам разъедания, но и оригинальную скульптуру плоскостей, связанную с действием поверхностных сил, вытравления и движения жидкости[1].

278. Карбонадо проявляется чрезвычайно редко в ясных кристаллических полиэдрах; для него описаны лишь плохо выраженные кубы, октаэдры, ромбические додекаэдры правильной системы[2]. Это вещество черное, очень твердое, мало прозрачное, являющееся большей частью в неправильных пористых стяжениях или древовидных сростках мельчайших октаэдров, иногда принимающих форму более или менее правильных шаровых конкреций.

Алмазы и карбонадо редко когда достигают больших размеров; самый большой алмаз, так называемый Куллинан, был найден в 1905 г. около Претории; он весит около 621,2 г; однако он представлял осколок по спайности, и первоначальный кристалл, очевидно, был еще больше[3]. Такие куски алмаза являются величайшей редкостью, и уже алмазы весом в 20 г очень редки; большей частью они не достигают 1 г и даже 0,5 г весом. Зернистые массы алмаза никогда не были встречены. Гораздо больше размеры карбонадо; находили куски его в 620 г и даже до 800 г весом[4]; повидимому, эти куски представляли обломки бóльших масс[5].

279. Для алмаза имеют довольно большое значение два его физических свойства: преломляемость и твердость. Сложное и неопределенное явление, известное под названием твердости, характерно для алмаза потому, что он тверже всех известных тел; по шкале Мооса его твердость обозначается 10. Алмазы разных местностей и окраски различны по твердости; темноокрашенные борты (особенно из Борнео) и карбонадо более тверды, чем обычные алмазы, но и алмазы разных местностей неодинаковы по твердости; так, например, алмазы из Бингеры в Австралии или Мартанеры в Борнео[6] тверже африканских[7]. Твердость различна по разным плоскостям, так, по {111} тверже, чем по {100}.

Сильное преломление алмаза, вызывающее его употребление в качестве драгоценного камня, меняется довольно неправильно для алмазов из разных местностей. Более новые данные дают, например, для показателя преломления следующие величины[8]: для фрауэнгоферовой линии $A = 2{,}40242-2{,}40245$, $D = 2{,}41752-2{,}41734$, $H_1 = 2{,}46517-2{,}46476$. При нагревании показатель преломления увеличивается[9]. Таким образом,

---

[1] Ферсман и Гольдшмидт (1911) дают массу наблюдений в этом направлении.

[2] Des Cloiseaux, 1855, стр. 304.

[3] Spencer, 1910, стр. 322; Hatch a. Corstorphine, 1909, стр. 270.

[4] Tschudi, 1866, стр. 144.

[5] M. Bauer, 1909, стр. 202.

[6] Gascuel, 1901, стр. 15.

[7] Может быть, это отчасти объясняется тем, что твердость сильно зависит от поверхностного натяжения.

[8] Wülfing, 1896, стр. 62, 350; Schrauf, 1884, стр. 424; B. Walter, 1891, стр. 505, См. у Вальтера характерный спектр поглощения. Более ранние данные давали значительно бóльшие числа. См. у C. Hintze, I, 1898, стр.6. О явлениях фосфоресценции и триболюминесценции см. Crookes, 1909; Линденер, 1910, стр. 1001. Явления свечения были замечены индийскими учеными (Bhoja) в XI столетии. См. Rāy, 1909, стр. 40.

[9] Sella, 1891, стр. 307. Изучен в пределах от 22 до 93°C.

дисперсия показателей преломления видимого спектра достигает 0,06. Алмазы светятся под влиянием разных причин — при трении, под влиянием катодных лучей, излучения радия и т. д.; эта способность свечения выражена различно у разных кристаллов[1].

280. В отличие от алмаза, для графита не установлена с точностью даже кристаллическая система, а шунгит настолько мало способен давать кристаллические полиэдры, что очень часто считается аморфным телом. Но, как правильно указывает Ле Шателье, аморфность угля является ничем не доказанной гипотезой, которой противоречит вся совокупность наших знаний о его свойствах[2].

Графит весьма часто встречается в тонких пластинчатых (по пинакоиду) кристаллах, которые сперва были признаны моноклиническими (с гексагональным обликом), а потом принимались за гексагональные. Пластинки кристаллов графита, превышающие квадратный дециметр, наблюдались в Байерсе, графство Честер, Пенсильвания (Чикагский музей). Он принадлежит к строению $\lambda^6 6L^2c\ 7P$[3]. На основании рентгенограмм первоначально для графита было выведено отношение осей $a : c = 1 : 1{,}63$[4]. [В данное время $a_0 : c_0 = 1 : 2{,}75$].

Гораздо чаще кристаллы графита дают сростки — нередки сферические конкреции радиально-лучистого, иногда концентрического строения (должно быть, кристаллические собрания) (рис. 104). Кристаллы графита отличаются чрезвычайно легкой способностью к деформациям, легко изгибаются по разным направлениям. Может быть, в связи с такой формой графита должны быть поставлены его дендриты[5].

Обычно, однако, графит — и всегда графитит и шунгит — дают плотные землистые массы, в которых отдельные неделимые или не имеют определенной формы, или форма их не может быть различена. Огромные количества этих тел рассеяны в природе в виде микроскопических бесформенных включений в других телах, в виде пыли, понятие о которой может дать сажа, состоящая в значительной степени из углерода, близкого к шунгиту. Шунгит наблюдается иногда и в плотных стекловатых массах в природном коксе.

По характеру своего происхождения эти вещества нередко встречаются в огромных массах, образуя в данном минеральном теле выделения чистого углерода в тысячи и десятки тысяч тонн весом. Наблюдались сплошные массы чистого графита более 1,6 т весом[6]. Очень странны образования графита из Алиберовского месторождения. Они больше всего напоминают капли, бывшие в расплавленном состоянии, так же как прекрасные

[1] Повидимому, в связи с натяжением поверхности очень часто алмазы оптически аномальны; см. Brauns, 1891, стр. 176.

[2] Le Chatelier, 1908. Давно уже указаны кристаллические осколки по спайности, выделенные Сорби в антрацитах и угле (правильной и квадратной систем). См. Sorby, 1851, стр. 149. О получении при слабом охлаждении расплавленного угля особой кристаллической разности, отличной от графита и алмаза, см. A. Ludwig, 1902, стр. 275. Людвиг считает ее кристаллической массой так называемого «аморфного» угля.

[3] О кристаллической форме графита см. Kenngott, 1854, стр. 469; A. Nordenskiöld, 1855, стр. 110; Sjögren, 1884, стр. 29; Luzi, 1891 (2), стр. 259; E. Dana, 1892, стр. 8; C. Hintze, I, 1898, стр. 44; Groth, 1906, стр. 13. Первые указания на кристаллическую форму графита даны, повидимому, Кларком (E. Clarke, 1821, стр. 417). Ср. Jameson, 1820, стр. 217.

[4] Ewald, 1914, стр. 325.

[5] Sigmund, 1909, стр. 13: в гранулите около Мелька в Австрии.

[6] Merrill, 1904, стр. 9. Есть попытки допустить существование углерода в природе в растворенной форме. Такая идея допускалась одно время для нефти М. Ракузиным, (1906, стр. 180), позднее он от нее отказался (1912, стр. 125).

образования шарового графита Ильменских гор. Несомненно, сейчас ясно, что известное расплавление графита (соответственно — «угля») происходит[1].

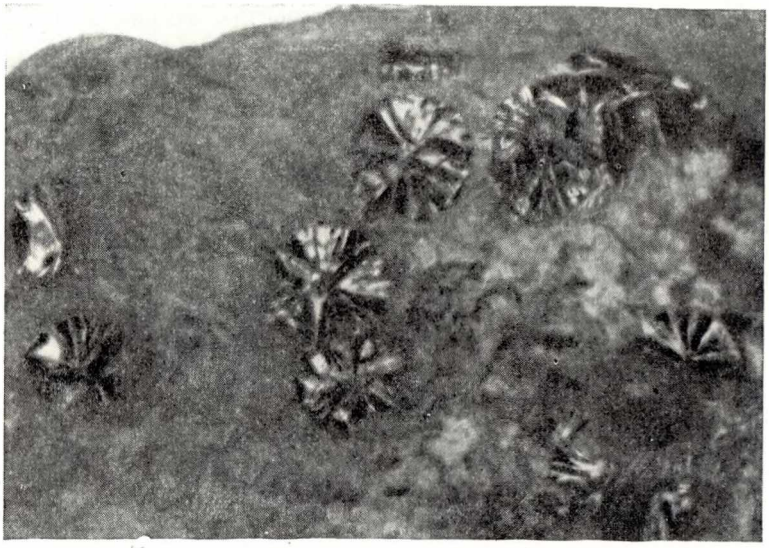


Рис. 104. Радиально-лучистые конкреции графита из пегматитов Ильменских гор.

Коллекция Московского университета. Фото Н. И. Сургунова

281. Процессы изменения, происходящие с этими минералами, можно разбить на два типа: 1) чисто химические их изменения (§ 297) и 2) переход самородного углерода в ту разность, которая является устойчивой при обычных условиях земной поверхности. Нечто аналогичное мы наблюдали в самородной сере, где газообразная, жидкая и β-сера на земле — все переходят в α-серу (§ 245).

Однако определение взаимных отношений полиморфных разностей углерода гораздо затруднительнее, чем разностей серы; возможно, что это явление находится в связи с бóльшим поверхностным натяжением твердых фаз углерода.

Опыты Муассана[2] несомненно указали, что при обыкновенном давлении и высокой температуре графит устойчив. Но область устойчивости графита очень велика, ибо, насколько можно судить, и при термодинамических условиях земной поверхности устойчив также графит и в него должны были бы перейти другие модификации углерода, если бы процессы перехода

---

[1] В опытах Люммера (Lummer, 1914) на расплавленном угле плавали кристаллики графита — в угольной дуге при силе тока в 10 амп. и давлении 0,5—2 атм. Все это возможно в природных условиях? См. об изгибании углеродных стержней в работе И. Плотникова (1917).

[2] Moissan, 1897, стр. 159; 1905, стр. 214. Явление это довольно сложное и носит характер химических равновесий. Еще при 1200° не удается добиться такого перехода нацело. См. Vogel u. Tammann, 1909, стр. 598.

происходили только в условиях простых обратимых равновесий, зависящих от температуры и давления.

Как бы то ни было, графит устойчив и при высоких и при наших обычных температурах[1]. На это указывают: 1) переход шунгита через графитит в графит, прослеженный во многих местностях земной коры, 2) отсутствие переходов графита в шунгит или в алмаз, 3) переход алмаза в графит (через карбонадо?) при нагревании (и при действии катодных лучей) и сохранение им этого нового состояния по охлаждении[2], 4) наконец, по опытам Людвига, из расплавленного, жидкого углерода при его быстром охлаждении (при 1000—3000 атмосфер давления) выделяется сперва алмаз[3], быстро переходящий уже при красном калении в устойчивую разность — графит, а из газообразного состояния всегда выделяется графит же[4].

При температуре выше 1885° алмаз не может существовать — он превращается в графит в несколько минут и почти мгновенно, если температура значительно превышает 1885°[5]. Наблюдаемый при этом графит — вторичный; он получается от разложения CO_2, образуемой при сгорании алмаза[6]. Алмаз без изменения может быть нагрет до 2500°, если на него не действует воздух.

Образование графита из алмаза — эндотермическая реакция, и алмаз содержит меньше внутренней энергии, чем другие разности углерода, т. е. он — наиболее устойчивая форма при обычной температуре[7].

Хотя графит является, таким образом, устойчивой твердой фазой углерода в условиях земной поверхности, остальные полиморфные разности могут сохраняться в природе необычайно долго и принадлежат к тому типу переохлажденных полиморфных фаз, который сохраняется благодаря большому поверхностному натяжению[8].

Шенк и Геллер[9] считают, что при t° между 400—800°C графит — наиболее устойчивая разность, а аморфная — наименее устойчивая, а Роозебом[9] считает, что между 1000 и 3000°C наиболее устойчивая разность — графит. Он вычисляет точку перехода — 372°C.

Но, повидимому, при еще более высокой температуре (и обычном давлении) устойчив не графит, а какая-то другая разность углерода. К этому мнению заставляют склоняться, правда, немногие данные. Так, по опытам

---

[1] По Бёке (Boecke, 1914, стр. 324), графит устойчив при всех температурах, при давлении в 1 атм., а алмаз совершенно неустойчив при всех температурах, при данном давлении.

[2] Jacquelain, 1847, стр. 459; G. Rose, 1873, стр. 516; Moissan, 1893 (2), стр. 423; 1894, стр. 976; 1896 (1), стр. 513; 1897, стр. 86, 156; Crookes, 1896, стр. 39. Муассан изучил этот графит и убедился, что он дает гексагональные пластинки, графитовую кислоту и т. д. (Moissan, 1905, стр. 214). См. возражения Дёльтера (Doelter, 1911 (1), стр. 39).

[3] По мнению Людвига (A. Ludwig, 1902, стр. 273—275), вначале выделяется особый «графит» правильной системы. Уже Муассан указывал на выделение алмаза из расплавленного угля.

[4] Moissan, 1896 (1), стр. 657; 1897, стр. 161. Углерод не всегда превращается в графит при 3000—3300°C (Arsem, 1911).

[5] Friedel et Ribaud, 1924, стр. 1128.

[6] Doelter, 1911 (2), стр. 138 и сл.

[7] Caven, 1917, стр. 51.

[8] Об этом см. Вернадский, 1904 (1), прот., стр. 9—10. Может быть, этим вызывается то обстоятельство, что ни алмаз, ни шунгит не встречаются в больших однородных массах (кристаллах).

[9] Schenck u. Heller, 1905, стр. 2139; 1907, стр. 1704. Ср. Smits, 1905, стр. 4027; Roozeboom, 1901 (2), стр. 179.

Муассана[1], графит после сильного нагревания с трудом дает графитовую кислоту[2].

282. Алмаз в земной коре. Коренные месторождения алмаза и борта, обыкновенно наблюдаемых вместе или при аналогичных условиях, долгое время были загадочны, так как бóльшая часть этих веществ добывалась из россыпей. Только в последнее время генезис их несколько разъяснился. Коренные месторождения карбонадо до сих пор с точностью не найдены (§ 291).

Мы имеем, повидимому, два различных типа коренных месторождений алмаза: 1) алмаз, выпадающий в дайках и массивах основных или средних пород, и 2) алмаз кислых пегматитов или связанный с такими пегматитами.

283. К первому типу принадлежат богатейшие южноафриканские месторождения алмаза[3], как впервые выяснил Коген в 1872 г.[4] Алмаз находится в своеобразных вулканических образованиях — диатремах и дайках, которые тянутся на протяжении нескольких сот километров, начиная от южных частей Капской колонии[5] (Сутерленд — диатремы без алмаза), через Западный Гриквалeнд (копи Ньюленда)[6], колонии Оранжевой реки (Кимберли и др.)[5], Трансвааль (окрестности Претории)[7] и через Родезию, на север от Замбези до Британской Восточной Африки. Аналогичные образования известны в Немецкой Юго-Западной Африке. Никакой правильности в их распределении не наблюдается. Главные продуктивные диатремы сосредоточены на пространстве 200 км (рудники Премьер-Егерсфонтейн).

Любопытные алмазоносные трубки, аналогичные кимберлийским, открыты в Бельгийском Конго, на юг от оз. Моэро. Они прорезают пермские (?) отложения[8].

Алмаз находится в тесной связи с основными вулканическими породами двоякого типа: 1) он встречается в породах, заполняющих диатремы, (так называемые «pipes» — трубки) и 2) в тонких дайках. Наибольшее

---

[1] Moissan, 1896 (1), стр. 513—514; Sorby, 1851, стр. 159. Об образовании то графита, то аморфного угля см. Kohlschütter, 1919; Kohlschütter u. Naegeli, 1921.

[2] Нельзя не отметить, что теплоты перехода угля в графит и алмаз, выведенные термохимически, не вполне отвечают указанным соотношениям алмаза, угля, графита. О неясности взаимного отношения полиморфных разностей углерода см. A. Koenig, 1906, стр. 441: Doelter, 1911 (1), стр. 40. О синтезе алмаза (при высокой температуре и высоком давлении) см. E. Baur, K. Sichling u. E. Schenker, 1915, стр. 313.

[3] Литература об этих образованиях огромна. См. сводку ее у Julien, 1909, стр. 453. Также P. Wagner, 1909, стр. XII; Ферсман и Гольдшмидт, 1911, стр. 54.

[4] Cohen, 1872, стр. 857.

[5] Moulle, 1885, стр. 23 и сл.; Boutan, 1886; Fuchs et De Launay, 1893 (1), стр. 16 и сл.; Moissan, 1893 (1), стр. 294; Couttolenc, 1892, стр. 127; Stone, 1895, стр. 493; Bonney, 1895, стр. 496; 1897, стр. 497; 1899, стр. 225 и сл.; Gührich, 1897, стр. 146; De Launay, 1897 (3), стр. 336; 1897 (4); C. Lewis, 1897 (его статьи печатались много раньше, например в «Geol. Mag.», 1887, стр. 22 и сл.); P. Wagner, 1914; R. Beck, 1899, стр. 417; Rogers a. du Toit, 1904, стр. 61; Harger, 1906, стр. 110; Du Toit, 1907, стр. 135; Corstorphine, 1908, стр. 65; Voit, 1908 (2), стр. 69, 75; Hartog, 1909, стр. 450; P. Wagner, 1909; M. Bauer, 1909; Hatch a. Corstorphine, 1909; J. Johnson, 1910; Schwarz, 1910 (1), стр. 192 и сл.; Stutzer, 1911, стр. 91 и сл.

[6] Lacroix, 1898, стр. 21—29; R. Beck, 1898, стр. 163—164; Bonney, 1901, стр. 475; Graichen, 1903, стр. 448; 1907, стр. 275 и сл.

[7] Molengraaf, 1901, стр. 89; Hall, 1904, стр. 195 и сл.

[8] Любопытна фотография нетронутой площади трубки. Ball a. Schaler, 1914, стр. 655 и сл.; D'Andrimont, 1912, стр. 100.

техническое значение имеет первый тип выделений, хотя алмазоносных даек имеется не меньше, если не больше, чем трубок, но они беднее алмазом[1] (§ 286).

Трубки представляют из себя гигантские колодцы, уходящие вниз на недосягаемую глубину (рис. 105). Эти колодцы на первый взгляд кажутся не связанными с тектоническими трещинами в земной коре, но более

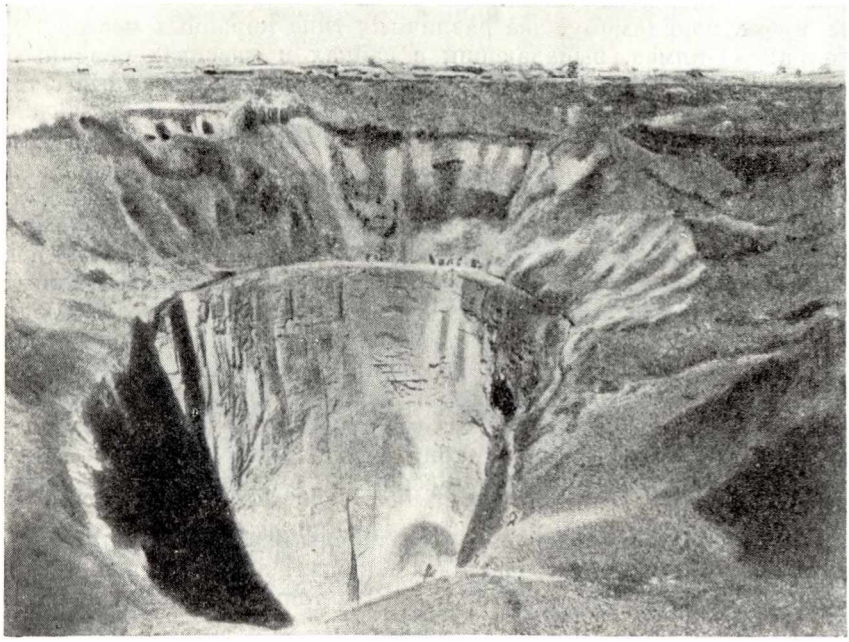


Рис. 105. Вид алмазного колодца в Кимберли.
По Уильямсу, 1902

детальное исследование указывает на их тесную связь с дайками массивных пород, очень близких или тождественных с породами трубок. Эти дайки заполняют тектонические трещины. Связь трубок с дайками иногда видна лишь на глубинах, и на поверхности ничто не дает повода думать о существовании этой зависимости (например, около Кимберли или Претории). Трубки нередко лежат в местах, где сходится несколько даек, на их пересечении или повороте[2].

Эти алмазоносные трубки в разрезе на поверхности часто дают круглую, эллиптическую, неправильную форму (рис. 106). Иногда их форма — цилиндров или конусов, уходящих на значительную, неизвестную глубину, — очень правильна (например, рудник Бультфонтейн). Книзу диаметр их суживается. На земной поверхности диаметр колодцев колеблется от 20 до 350 м (Премье около Претории). В среднем, по Гарджеру, большинство трубок имеет диаметр 30—100 м. В некоторых из этих трубок работают уже на глубине более чем 900 м от поверхности и не достигли их конца.

---

[1] Harger, 1906, стр. 123 и сл.

[2] О связи с дайками см. De Launay, 1897 (4), стр. 98; P. Wagner, 1909; Schwarz, 1910 (1), стр. 195.

Их начало теряется для нас в неисследованных частях земной коры, так как они прорезают самые глубокие породы Южной Африки — граниты[1] (рис. 107).

Стенки их образованы разнообразными породами; среди них можно встретить представителей всех пород, участвующих в строении данной местности, начиная сверху с осадочных палеозойских слоев Карру и оканчивая гранитами. Стенки местами покрыты штрихами, отполированы, так что трубка резко отделяется от прорезаемых ею пород. В местах контакта происходит отложение углекислого кальция, собираются углеводородные газы. Однако все это могут быть вторичные явления, связанные с изменениями, происходившими при метаморфизации породы, заполняющей трубки, например — с увеличением ее объема при серпентинизации оливина (§ 285).

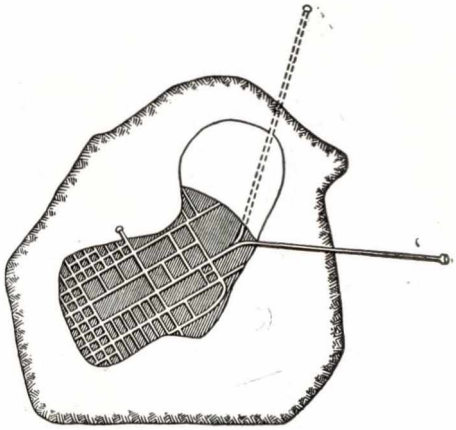


Рис. 106. Разрез поперечной диатремы в Кимберли.

По Вагнеру, 1909

Таких колодцев или трубок известно несколько сотен. Они собраны группами, отстоящими одна от другой на большие расстояния, сотни километров. Каждая группа состоит из колодцев, повидимому, генетически связанных, так, например, на восьми квадратных километрах около Кимберли известно 15 трубок, составляющих одну группу.

Колодцы не всегда имеют такие типичные черты. Есть случаи, когда они как бы непосредственно переходят в дайки, заполненные алмазоносными породами, и не могут быть от них отличены.

284. Трубки заполнены: 1) основной массивной породой, хотя меняющейся в разных трубках, но в общем очень однообразной, и 2) включениями и осколками окружающих пород, как пород, ныне образующих их стенки, так и тех пород, которые когда-то лежали выше уровня теперешних трубок, но затем были уничтожены позднейшей денудацией страны. Осколки пород иногда острорёберны, но большей частью округлой формы[2] и нередко очень окатаны; они иногда достигают объема в несколько тысяч кубических метров, иногда микроскопически мелки. Временами породы совершенно раздроблены и из них сохранились только отдельные минералы. Все эти осколки особенно сосредоточены в верхних горизонтах. Представляет большой интерес для выяснения истории явления то, что в трубках находятся обломки пород, геологически более новых, чем те, которые составляют их стенки; эти породы нигде уже не наблюдаются в данной местности. Несомненно, этот факт указывает на огромную денудацию, какую претерпели эти трубки, пока пришли в тот вид, в каком они теперь находятся[3].

---

[1] См. De Launay, 1907 (2), стр. 1188 (рудник Беерс — на 641 м). Ср. любопытные соображения Шварца (Schwarz, 1910 (1), стр. 193, 240),

[2] Harger, 1906, стр. 118.

[3] Rogers, 1905, стр. 343; P. Wagner, 1909, стр. 4.

Отдельные минералы[1], которые местами переполняют трубки, только частью происходят от этих посторонних включений, значительная часть их связана с коренной породой, заполняющей трубки. Ибо, с одной стороны, трубки заполнялись не сразу, наблюдалось несколько различных поднятий породы в трубках, и все эти сложные движения были связаны с очень своеобразным изменением ранее выделившихся частей коренной

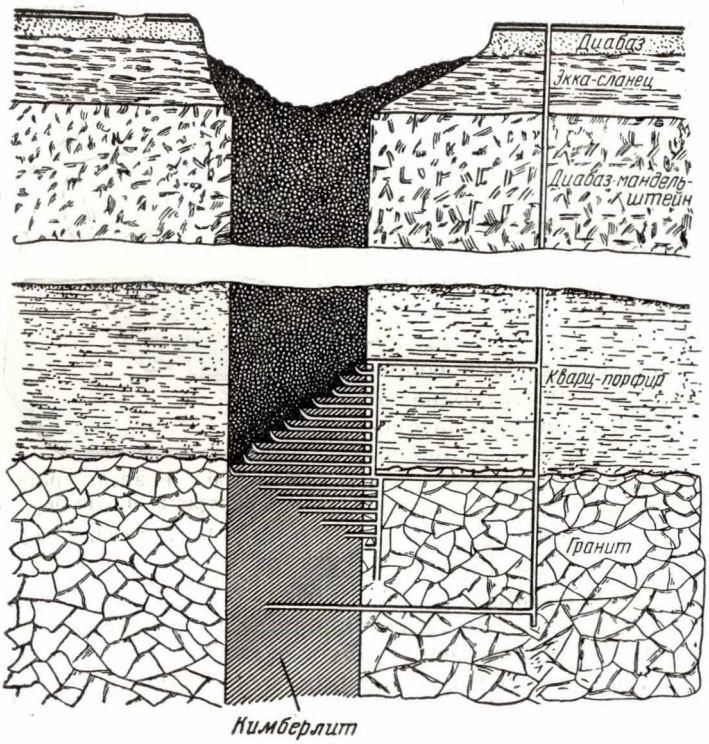


Рис. 107. Продольный разрез рудника Беерс около Кимберли.
По Вагнеру, 1909

породы; с другой стороны, коренная порода имеет порфировидный характер. Среди этих минералов — спутников алмаза — можно отметить циркон, богатый магнием оливин, особую бурую слюду[2], хромсодержащий пироп, хромдиопсид, магнезиальный титанистый железняк, перовскит и т. д. В верхних частях наблюдаются вторичные продукты изменения и позднейших процессов — серпентин, бастит, кальцит, опал, пирит и т. д.

285. Главную часть трубок составляют особые, очень характерные основные породы, принадлежащие к базальтам, но составляющие особую их группу.

---

[1] Список минералов и их свойства см. у Du Toit, 1907, стр. 151; P. Wagner, 1909, стр. 27.

[2] Это так называемый валит. Вагнер (P. Wagner, 1909, стр. 36) относит эту слюду к флогопитам, чему резко противоречит, к сожалению, неполный, химический анализ. Она требует нового исследования. Содержит следы F, богата K, Mg, бедна Al. Потеря от прокаливания, которую Вагнер предположительно относит к особой H_2O, может происходить от летучих щелочей (Li, Rb, Cs). Об особенных свойствах этой слюды см. также Du Toit, 1907, стр. 169.

Эта порода была принята вначале за брекчию и, действительно, она местами ее напоминает благодаря обилию посторонних осколков. Лишь в 1887 г. Карвиль Льюис ясно указал на ее принадлежность к порфировым перидотитам и назвал кимберлитом[1]. С тех пор выяснилось, что в неизмененном виде алмазоносный кимберлит действительно является основной изверженной породой. Долгое время исследователи обращали внимание на более измененные его участки (верхний — «желтая земля» — измененный кимберлитовый туф или брекчию, и нижний — «твердая голубая земля» — переход к неизмененному кимберлиту), чем и объясняются первоначальные неправильные его описания.

Обращаясь к неизмененному кимберлиту, можно различить две его разности: 1) очень богатый указанной раньше своеобразной слюдой — слюдистый кимберлит и 2) более бедный слюдой — обычный кимберлит. В трубках распространен второй тип. Он содержит 50—70% богатого магнием оливина, включения слюды, пиропа, магнезиального ильменита и т. д. В основной массе наблюдаются слюда, перовскит, магнетит, апатит и т. п.

Слюдистый кимберлит, отличающийся обилием слюды, как порфирообразно выделенной, так и входящей в основную массу породы, является характерной породой даек, как тех, с которыми связаны трубки (§ 283), так и тех, которые прорезают кимберлитовые породы в трубках (§ 287). Дайки слюдистого кимберлита обычно очень тонки (60—90 см), но могут быть прослежены на большие расстояния.

Кимберлиты претерпели огромные изменения в верхних частях трубок и дали начало мощному развитию серпентина, кальцита, опала, причем оливин исчез целиком. Чрезвычайно характерно, что процесс изменения шел различно в различных трубках, почему «голубая земля» для отдельных трубок различна[2]. Однако эти различия нельзя объяснять только особенностями минералов, участвующих в процессе изменения, так как и тип кристаллов алмаза очень различен для отдельных трубок (§ 286). Мы имеем здесь явления, обычные для всех известных нам случаев диатрем, —изменения пневматолитического характера в последних стадиях извержения.

Все указывает на то, что алмаз находится in situ в кимберлите. Однако некоторые исследователи (Бекк, Бонней) думают, что он происходит из других, более глубинных пород, так как в некоторых трубках были найдены его кристаллы в своеобразных включениях гранитовых пород эклогитового характера, названных Бекком грикваитом. Характер грикваита не может считаться выясненным, как он не выяснен и для многих включений базальтовых пород, богатых оливином. И в кимберлите мы встречаем, помимо эклогитовых включений, включения, богатые оливином, тоже иногда содержащие алмаз. В обоих случаях появляется вопрос о том, надо ли считать эти включения за осколки нижележащих пород, захваченные магмой, за глубинные выделения той же магмы или за местные фации в истории магмы, связанные с временной резорбцией

---

[1] Характер этой породы долго был неясен. См. обзор мнений у Фойта (Voit, 1907, стр. 366; 1908 (3), стр. 195). Фойт склоняется к тому, что алмазоносный кимберлит является изверженной породой, близкой к гарцбургитам, и представляет порфировую породу с выделением пироксена, оливина и биотита. По Бутгенбаху (Buttgenbach, 1904 (1), стр. 14), это авгитовый перидотит. См. петрографический очерк у Вагнера (P. Wagner, 1909, стр. 57 и сл.).

[2] P. Wagner, 1909, стр. 14.

окружающих пород, с поднятием газами более глубоких ее частей и т. п.[1]. Вопросы эти пока остаются без ясного ответа.

286. Алмаз является ничтожной составной частью кимберлита. Даже в наиболее богатых рудниках, около Кимберли, он составляет едва ли больше 0,00001%; в других трубках работают при содержании алмаза в 4 раза меньшем. Есть трубки, которые содержат ничтожное количество алмаза, не окупающее разработки; наконец, есть и такие, в которых алмаза совсем не найдено.

Еще меньше алмаза в дайках. Однако дайка слюдистого кимберлита около Грас-Пана, между реками Ваал и Моддер, прослеженная на расстоянии 40—50 км, мощностью до 90 см, давала 36 каратов на 100 ластов, т. е. немного более 0,00001%[2].

В трубках алмаз распределен неправильно: встречаются части, более богатые и более бедные алмазом. Это зависит от изменения пород, ибо в сложном строении трубок, где чередуются продукты разновременных извержений, можно всегда различить выделения кимберлитов, более бедных и более богатых алмазом.

Очень редко включены алмазы в гранаты, даже в оливин. Еще реже попадались кристаллы граната внутри кристалла алмаза. Алмаз и гранат давали срастания и иного рода[3].

Обычно алмаз встречается в виде отдельных кристаллов иногда двойников срастания или прорастания (§ 277), причем как кристаллическая форма, так и окраска и блеск характерны для определенных трубок и для даек[4]. Так, например, в Бультфонтейне наблюдаются мелкие, иногда пятнистые, {111}, {1$\bar{1}$1}, в Дютуаспан — большие окрашенные {111}, {1$\bar{1}$1} и т. д[5].

Алмазы не достигают большой величины — наибольший кристалл весил немного более 620 г, но в породе находятся многочисленные микроскопически мелкие кристаллики алмаза (иногда борта и карбонадо)[6]. Чрезвычайно характерны вторичные явления разъедания кристаллов алмаза магмой (§ 277).

287. Едва ли можно сомневаться в характере трубок. Это типичные диатремы, конические трубки в земной коре, образовавшиеся путем взрывов газов. Читая точные описания южноафриканских алмазоносных рудников, видишь поразительную их аналогию с классическим строением диатрем п-ова Файф в Шотландии, отчасти даже «вулканических эмбрионов» Ураха и Швабского Альба[7].

Характер включений минералов, брекчиевидный тип основных плутонических пород, цемент кальцита и его выделения по стенкам, характер контактовых явлений — вполне аналогичны в обоих типах вулкани-

---

[1] Обзор современного состояния вопроса у P. Wagner, 1909, стр. 92 и сл. (литература). Ср. Du Toit, 1907, стр. 156; J. Johnson, 1910, стр. 26. Опыты Уильямса показали, что в Кимберли большинство валунов эклогита лишено алмаза.

[2] P. Wagner, 1909, стр. 81 — по указанию Макко.

[3] Gührich, 1897, стр. 146.

[4] Они даже меняются в разных частях одной и той же копи. Об этом см. уже Stone, 1895, стр. 493.

[5] De Launay, 1897 (4), стр. 87.

[6] Эти микроскопические алмазы не принимаются во внимание при подсчете процента алмаза в породе.

[7] Эта аналогия с диатремами была уже указана Добрэ (Daubrée, 1891 (1), стр. 325 и сл.). Возражения Шапе (Chaper, 1891, стр. 943) были разбиты Де Лоне (De Launay, 1897 (4), стр. 76). В новое время Фойт отрицает их аналогию с диатремами и считает кимберлиты за батолиты (Voit, 1908 (3), стр. 199). Его доводы очень неубедительны.

ческих образований. Аналогия резко сказывается и в их строении, в их связи с дайками и в том, как дайки прорезают породы трубки. Породы алмазоносных трубок, как и породы трубок Файф или Ураха, не одновременного происхождения. По одному и тому же отверстию подымались многочисленные извержения. По Муллю, для Кимберли можно отличить по крайней мере 15 различных поднятий магмы. Каждая трубка имеет мозаичное строение, параллельное стенкам, и состоит из перепутанных столбов разнообразных извержений в общем одной и той же магмы.

Время этих взрывчатых извержений нам неизвестно. Можно определить их нижнюю границу по характеру пород, ими прорезанных или заключающихся в виде обломков в кимберлите трубок. На этом основании можно их считать образовавшимися после триасовой эпохи. Некоторые исследователи — на основании аналогии базальтовых пород трубок с некоторыми базальтовыми послемеловыми дайками Южной Африки — подымают еще выше эту границу, моложе неокома[1]. Около Гейдельберга в Риверсдале, в Южной Африке, кимберлитовые трубки прорезают нижнемеловые отложения[2]. В Трансваале найдены мелкие алмазы во вторичном месторождении, в конгломератах, повидимому, альгонкского возраста, указывающие на существование первичных алмазов раньше кимберлитов (раньше юры)[3].

Наружный вид южноафриканских диатрем мало характерен. Кое-где над ними находились небольшие холмики в несколько метров высотой, состоявшие из песчанистого делювия, нередко известкового туфа. Любопытно, что помимо $CaCO_3$, столь обычно выпадающего в диатремах, кое-где здесь наблюдались выходы углеводородных газов[4]. Все эти верхние шапки давно уничтожены при разведках и разработках (рис. 108).

Но они и не давали никакого понятия о морфологии диатрем, так как, как мы видели, несомненные явления указывают на колоссальную денудацию поверхности Южной Африки, давно сведшую на нет наружные образования диатрем (§ 284). Форма поверхности трубок есть форма денудации страны.

288. Диатремы основных пород, повидимому, являются широко распространенным типом алмазоносных месторождений на земном шаре. К нему принадлежат копи Бингера в Австралии, где найдены те же колодцы и те же породы, в том числе и эклогиты[5]. Аналогичные кимберлиту туфовые образования были указаны и в Минас-Жераис, около Уберабы и др., хотя в самой породе алмаз здесь не был найден[6]. Алмаз был найден в хромитах, впервые в Канаде[7]. Алмаз мелкий, но хороший, находится во включениях хромита в дунит около горы Оливин в окр. Туламин в Британской Колумбии; хромит содержит Pt и Au[8]. В перидотитах верхнемелового возраста найден алмаз в графстве Пайк в Арканзасе[9], в долеритах

---

[1] Rogers a. Du Toit, 1904, стр. 61, 81; Rogers, 1905, стр. 333.
[2] Harger, 1921—1922.
[3] Brouwer, 1920, стр. 420.
[4] De Launay, 1897 (4), стр. 83; P. Wagner, 1909, стр. 5.
[5] Об образовании алмаза в кимберлитах в присутствии воды при не очень высокой температуре см. W. Johnson, 1915, стр. 275; Pittman, 1901 (1), стр. 392; Card, 1902, стр. 29; J. Thomson, 1909, стр. 492.
[6] Hussak, 1906 (1), стр. 322 и сл. В алмазоносных песках Минас-Жераис, Гояс и Сан-Пауло довольно часты валуны очень основных пород — ср. Derby, 1898, стр. 125; Hussak, 1906 (1), стр. 328.
[7] R. Johnston, 1912, стр. 360; Camsell, 1916, стр. 154.
[8] Camsell, 1911, стр. 604 и сл.
[9] G. Kunz a. H. Washington, 1908, стр. 187; Purdué, 1908, стр. 525.

(может быть, диабазах) около Инвереля в Новом Южном Валлисе[1].

Всюду здесь, так или иначе, алмаз выпал из расплавленной силикатовой магмы.

Выделение алмаза из расплавленной основной силикатовой магмы отвечает и данным опыта. Полученный впервые Муассаном из расплавленных

Рис. 108. Вид диатремы в Кимберли при начале разработки (1874 г.)
По Уильямсу. Ср. рис. 105

металлов под высоким давлением алмаз был воспроизведен вскоре в кристаллах и из силикатов. Кажется, впервые Люци показал, что расплавленная «голубая земля» кимберлита разъедает кристаллы алмаза[2], но только Фридлендер[3], растворяя графит в расплавленном оливине, получил его при охлаждении в форме микроскопических алмазов. Эти опыты были подтверждены фон Гаслингером[4]. Характер процесса, однако, неясен. Может быть, алмаз выпадает здесь распадением первоначально образовав-

---

[1] Edgeworth David, 1907 (2), стр. 562, 1907 (1), стр. 146; J. Thomson, 1909, стр. 492. По мнению Меренского, часть алмазов Капской колонии, округа р. Ваал, выпала не в кимберлите, но в диабазе. Доказательства Меренского косвенные (Merensky, 1908 (2) стр. 157). Харджер (Harger, 1910, стр. 158) считает, что алмаз р. Ваал первоначально выпал частью в кимберлитах, частью в андезитовых лавах. В конгломераты он попал при разрушении этих пород. По мнению Шварца (Schwarz, 1917, стр. 33), в диатремах алмаз вторичный и указывает на возможное образование алмазов в россыпях Мольтено из кристаллических сланцев. См. также Draper, 1921.

[2] Luzi, 1892 (2), стр. 2470. Выкристаллизацию алмаза из оливиновых пород впервые допустил Кноп. См. Stelzner, 1893.

[3] Friedländer, 1898, стр. 46 и сл.

[4] Hasslinger, 1902, стр. 619.

шихся металлических карбидов[1] или их взаимодействием с окисью углерода[2].

289. Совершенно другой тип месторождений алмаза представляют некоторые выделения его в Бразилии, Южной Африке и Индии. К сожалению, коренные месторождения алмаза здесь почти не изучены; приходится делать заключения о его генезисе по отдельным, неполным наблюдениям. Они лишь иногда указывают на африканский тип его генезиса (§ 288), большей же частью дают наведения на совершенно иные условия выделения[3]. Так, в Бразилии, в Минас-Жераис[4], можно различить два типа месторождений: 1) в современном гравии рек или в старинных речных террасах, 2) на высоких местах, в конгломератах. Алмаз в первом типе открыт в 1729 г. в Тижука, во втором —в 1832 г. в Сан-Жуан-де-Чапада, около Диамантины, около Кокаэс, недалеко от Уро-Прето, где алмаз выделился в каолиново-кварцевых, измененных пегматитовых или аналогичных им жилах, в характерной ассоциации с кварцем (иногда в кварце)[5], анатазом, железным блеском. Жилы эти прорезают итаколумиты и слюдистые сланцы. К сожалению, здесь наблюдался лишь элювий, происходящий от этих жил; выходы жил не видны. Можно думать, что алмаз выделился здесь, так или иначе, при участии паров воды и расплавленной кислой магмы, может быть, произошел распадением летучих соединений углерода.

В последнее время и некоторые алмазы Южной Африки (в Сомабуле) относят также к типу пегматитовых жил в гранитных областях. In situ этот алмаз не наблюдался[6].

Таким образом, этот тип алмазоносных месторождений требует дальнейшего выяснения.

290. Гораздо более обычны и более распространены вторичные месторождения алмаза — его россыпи. Эти россыпи в общем могут подойти под те же типы, какие мы знаем и для золота (с которым нередко вместе находится алмаз); но среди этих типов наибольшее значение имеют аллювиальные, элювиальные и ископаемые россыпи алмаза.

Вначале алмаз добывался главным образом из россыпей Индии и Борнео[7], позже выступили на первый план россыпи Бразилии, имеющие до сих пор значение. Россыпи Индии, повидимому, являются результатом перемыва осадочных пород, заключавших алмаз уже во вторичном отложении. Того же типа большинство россыпей Бразилии.

В Бразилии[8] алмаз наблюдался в разного рода аллювиальных

[1] Hasslinger u. Wolf, 1903, стр. 507; Voit, 1908 (2), стр. 79.

[2] Масco, 1907, стр. 76 — на основании опытов Франка об образовании графита при взаимодействии CaC_2+CO.

[3] О сходстве месторождений Бразилии с южноафриканскими см. Brouwer, 1921, стр. 1005.

[4] Derby, 1882, стр. 40—42; 1898, стр. 131 и сл.; Gorceix, 1887, стр. 1139; C. Hintze, I, 1898, стр. 23—24. Об алмазных месторождениях Диамантины: Harger a. Chamberlin, 1915, стр. 373; Branner, 1911, стр. 480; 1919, стр. 332; Pontie, 1921, стр. 38. Конгломераты, заключающие алмаз в Диамантине, должно быть альгонкские. Алмаз древнее. Brouwer, 1920, стр. 402.

[5] О тесном срастании алмаза с кварцем см. Colony, 1923, стр. 401.

[6] Corstorphine, 1907, стр. LX; Merensky, 1908 (2), стр. 158. Шапе (Chaper, 1884, стр. 147; 1891, стр. 79) указывает на нахождение алмаза в пегматитовых жилах некоторых местностей Индии. Это вызвало сомнения (Foote, 1889, стр. 44 и сл.).

[7] О Борнео см. Gascuel, 1901, стр. 5 и сл. Алмазы Борнео (Martapoera) сопровождаются корундом, рутилом и т. д. Может быть, связаны с пегматитами.

[8] M. Bauer, 1909, стр. 186 и сл.; Hussak, 1906 (1), стр. 318.

и элювиальных россыпях, в конгломерате новейшего происхождения (канга — сцементированные лимонитом аллювиальные россыпи). Однако алмаз встречен и в твердых породах — в древних песчаниках и конгломератах, заключавших валуны серицитового кварцита (в горном хребте Гран-Могол в Минас-Жераис и Ксанага в Байе). Таким образом очевидно, что возраст этих алмазоносных месторождений различен. Генезис алмаза россыпей также различен, но до сих пор неясен. Для некоторых месторождений есть указания на связь алмаза с основными породами (§ 284). На то же самое указывают спутники алмаза, находимые в некоторых россыпях, например своеобразный титаномагнетит, перовскит, фосфат бария, пироп и т. п.[1], генезис которых в связи с основными магмами весьма вероятен.

Однако далеко не всегда можно свести минералы россыпи к основным породам. Состав россыпей как Байи, так и Минас-Жераис (Диамантины) скорее указывает на их происхождение разрушением парагнейсов и гранитов; этому отвечает очень определенный комплекс спутников алмаза этих россыпей. Для Минас-Жераис это будут анатаз, каптивос, гематит, мартит, монацит, ксенотим, оловянный камень, разнообразные фосфаты, алюмофосфаты и т. п. Главные месторождения в штате Байя, до сих пор имеющие значение, сосредоточены в бассейне р. Парагуассу. Везде они тесно связаны с древними (должно быть, палеозойскими) конгломератами и местами представляют элювиальные россыпи на конгломератах. Эти конгломераты (6—10 м мощностью) принадлежат к серии песчаников, характерных для Серра-дас-Лаврас[2]; по Браннеру[3], алмаз Байи, судя по сопровождающим его минералам, выделился в метаморфических породах.

Не менее оригинальный тип представляют недавно открытые алмазы в Немецкой Юго-Западной Африке, около залива Людерит[4]. Здесь алмазы находятся в детритовых породах — третичных прибрежных песчаниках и происшедших из них эоловых россыпях.

Песчаники богаты галькой халцедона, яшмы, агатовыми миндалинами (происшедшими от разрушения диабазов). На 1 м³ песка приходится 0,1—0,5 карата алмаза. Песок главным образом кварцевый[5]. Алмазы очень схожи с капскими, и очень возможно, что первичным местом их образования были кимберлиты, после разрушения которых они попали в песчаники[6]. В Центральной Африке три алмазоносных района: Катанга, Арувими-Хеле и Кассаи-Ангола. Разрабатывается только этот последний. Аллювиальные россыпи. В 1 м³ — 0,25—2 карата алмаза. Они иного происхождения, чем южноафриканские из основных пород[7].

Песчаники неизвестного возраста (так называемые «виндия»), вероятно палеозойские, являются источником алмаза в Индии. Их разрушением образовались россыпи (в том числе и около Голконды), откуда долгое время добывали алмаз[8].

---

[1] Hussak, 1906 (1), стр. 329.
[2] Derby, 1905, стр. 135 и сл.
[3] Branner, 1911, стр. 480.
[4] Merensky, 1908 (1), стр. 110; 1909 (1); 1909 (2), стр. 122; Lotz, 1909, стр. 135; Lotz, Böhm u. Weissermel, 1913. О нахождении алмаза в оригинальных Двикка-конгломератах Африки см. Harger, 1910 и 1911.
[5] Boise, 1915.
[6] Beetz, 1923, стр. 379.
[7] De Rauw, 1923.
[8] V. Ball, 1881 (2), стр. 5 и сл.; Mallet, 1887 (1), стр. 8; M. Bauer, 1909, стр. 166. Об алмазе Индии см. De Launay, 1911, стр. 705 и сл.; Vredenburg, 1906.

Алмаз встречается и в других детритовых породах, например в моренных отложениях области Великих озер Северной Америки[1], находится в современном песке рек, например р. Жекуитинонья и ее притоков, в верхнем течении р. Парагуассу и т. д. — в Бразилии.

Любопытны нахождения микроскопических шариков алмаза на морском дне в Гасконском заливе. Туле придает им космическое происхождение[2].

Очень возможно, что небольшая часть алмаза земной поверхности действительно космического происхождения, ибо в метеоритах не раз наблюдались микроскопические алмазы. При малой изменчивости поверхности могли собраться этим путем некоторые количества алмаза, но количества эти, повидимому, ничтожны[3].

291. Еще менее изучены месторождения борта и карбонадо. Борт, т. е. темноокрашенный алмаз, является обычным спутником алмаза в африканских и бразильских месторождениях. Шаровые, большей частью принадлежащие к борту конкреции алмаза составляют в таких месторождениях 2—10% всех алмазов[4]. Но борт встречается в кристаллах и в других формах. Очень близкий к алмазу по своим физическим свойствам, он, очевидно, для своего образования требовал каких-то особых условий, нам теперь не известных, вероятно химического характера.

Гораздо более важен карбонадо, резко отличающийся от алмаза. Главные его месторождения находятся в Байе, лучшие — в конгломератах и аллювиальных россыпях Синкоры, вместе с обыкновенным алмазом. Небольшие количества карбонадо встречены в россыпях Борнео[5]. В южноафриканских трубках (§ 286) он найден в микроскопических кусочках в кимберлите (в «голубой земле») Муассаном[6] и описан Куттоланом[7] из рудника Беерс около Кимберли. К сожалению, ближе об условиях его генезиса нам ничего не известно.

292. Графит в земной коре. Гораздо более распространены в природе разности углерода, близкие к графиту: графит, графитит и шунгит. Генезис их, особенно графита, в который переходят в конце концов на земной поверхности графитит и шунгит, чрезвычайно разнообразен.

Шунгит, или аморфный углерод, образуется в природе как продукт распадения органических веществ. Обыкновенно он находится рассеянным в ничтожных пылинках в древних осадочных породах, но иногда скопляется в значительных массах, когда образуется из мощных отложений углеродистых тел. Так, например, он был открыт в Олонецкой губ., в Повенецком уезде, на берегу Путкозера, близ посадов Шунги и Толвуи[8], где он залегает в древних метаморфизованных докембрийских

---

[1] Hobbs, 1899, стр. 376; 1902, стр. 359.

[2] Thoulet, 1908 (1), стр. 251; 1908 (2), стр. 351.

[3] Нельзя не отметить содержания алмаза в никелистом железе из Бьютт в Аризоне; как известно (§ 48), образование его и даже самой горы связывают с падением огромного метеорита, содержащего алмаз. К этому объяснению близки соображения о космическом происхождении алмазоносных трубок Северной Африки, высказанные сперва Мейденбауэром. См. об этих теориях Crookes, 1909, стр. 135; Schwarz, 1910 (1), стр. 197. Гипотеза эта не основана на реальных фактах. Происхождение Бьютт в Аризоне также неясно.

[4] M. Bauer, 1909, стр. 149.

[5] См. о месторождениях карбонадо у M. Bauer, 1909, стр. 202.

[6] Moissan, 1893 (1), стр. 294.

[7] Couttolenc, 1892, стр. 151.

[8] Иностранцев, 1879, стр. 315 и сл.; 1880, стр. 97 и сл.; Лисенко, 1879 (2), стр. 342 и сл.; Конткевич, 1878, стр. 64 и сл.; 1879, стр. 193 и сл. Ср. § 273.

(верхнеятульских)[1] породах, образуя пропластки среди глинистых сланцев, мощностью до 2 м, в сопровождении кварца, пирита и т. д. Характер происхождения его виден здесь ясно уже из того, что он был принят за антрацит и вся площадь, им занятая, вполне аналогична антрацитовым месторождениям[2]. Б. Мефферт (1919, стр. 275 и сл., 282 и сл.) не видит никакой разницы между антрацитом и шунгитом; он считает, что некоторые блестящие антрациты вполне аналогичны шунгитам. Точно так же Мефферт из теоретических соображений (работы Седергольма он не знал) считает наиболее вероятным их каменноугольный возраст[3]. Некоторые считают, что в антрацитах («несомненно») есть свободный углерод[4]. Шунгит является промежуточным продуктом при превращении каменного угля в графитит и в конце концов в графит.

Тот же процесс нередко идет в метаморфических породах, в которых весьма часто содержится углеродистое вещество, не отвечающее ни антрациту, ни графиту. Повидимому, это тела, которые образуются окончательным разрушением углистых веществ при метаморфизации осадочных веществ. Таков, например, шунгит, широко распространенный в пелитовых и других гнейсах Шварцвальда[5].

Совершенно аналогичное строение и происхождение имеют так называемые «графитовые угли» Северной Америки — Род-Айленда, графств Плимута и Бристоля в Массачузетсе, Канады. Здесь точно так же мы имеем недоконченные стадии превращения каменного угля в графит — смеси графита и шунгита. Таким образом, шунгиты нередко принимались за антрациты, и действительно, наблюдаются переходы от них в антрациты и обратно, в другую сторону — в графититы[6].

Отдельно должны быть поставлены разности аморфного углерода, сосредоточивающиеся в природных коксах. Пожары каменноугольных залежей не являются в природе редким явлением; в течение геологически долгих периодов они должны были происходить постоянно, так как «случайность» становится при этом почти неизбежностью. Вероятность такого случая — в геологически долгое время — огромна. При каменноугольных пожарах получаются коксы, богатые аморфным углеродом, т. е. шунгитом. Такие слои кокса известны и в России.

293. В тесной связи с этим генезисом шунгита находятся некоторые месторождения графита и графитита. Оба эти тела нередко являются продуктом изменения пластов каменных углей или рассеянного органического вещества, причем в конце концов и графитит переходит в химически чистый, яснокристаллический графит.

Процесс этот аналогичен выделению других элементов из их соединений на земной поверхности и, повидимому, обусловлен особыми термодинамическими чертами земной коры.

В конце концов на земной поверхности разложением всех соединений, строивших организмы, образуются малоподвижные, прочные, устой-

---

[1] Sederholm, 1904, стр. 612; 1907, стр. 94.

[2] Конткевич (1878, стр. 72) определял запас «антрацита» в этой местности в 650 тыс. т. Седергольм (Sederholm, 1904) называет его «антрацитовым углем», считая самым древним антрацитом. Шунгит образует в антраците прослои в 8—12 см. Борисов, 1910, стр. 91.

[3] См. еще Крым, 1915.

[4] Caven, 1917, стр. 56.

[5] Аморфный графитоид (Rosenbusch, 1900, стр. 21 и сл.). По анализу Мора, в нем, кроме C, содержится 0,08% N, немного H и еще какие-то газы, соединяющиеся с кислородом.

[6] Ср., например, графит из Дитмансдорфа в Альпах (Stur, 1883, стр. 195).

чивые соединения, как то: CO_2, углеводороды, N и NH_3, фосфаты FeS_2 и, наконец, необычайно инертный в самородном состоянии углерод — графит. Повидимому, процесс медленно совершается непрерывно, но становится видным только в течение геологического времени. Однако в отдельных случаях этот процесс может ускоряться в земной коре; могущественным фактором, его ускоряющим, является давление и отчасти — гораздо реже — нагревание. Особенно резко проявляется влияние давления, вызывающее в метаморфизованных породах превращение каменного угля и органических остатков в графит.

Мы имеем, однако, здесь не простое физическое влияние давления [1]. В областях земной коры, подвергающихся тектоническим изменениям, все химические и механические процессы идут сильнее. Уже чисто физические явления — проникновение горячих вод и характер их циркуляции — становятся при этом более бурными, а также (может быть, в связи с этим) химические процессы совершаются энергичнее. В наилучше изученных случаях истории горных цепей — на истории Альп — можно проследить, как с эпохой их образования, с временем максимума тектонических процессов тесно связан и максимум разрушения окружающих горных пород: в это время происходили колоссальные отложения осадочных пород, мощность которых доходит до сотен метров (например, конгломераты и флиш в Дофинэ до 2 км) [2]. Одним из проявлений внутреннего разрушения участка земной коры является энергическая денудация окружающих его областей. Эта денудация обусловливает явления, способствующие образованию каменных углей, скопляющихся поэтому как раз в областях, связанных с горообразовательными процессами. Здесь сосредоточивается ряд низменностей, вызванных денудацией, в них сносятся обломочные продукты, в том числе и растительные остатки. Этим путем в конце концов образуются в этих местах залежи каменного угля.

Тектонические процессы длятся в одной и той же местности нередко в течение нескольких геологических периодов, и потому находящиеся в неустойчивых участках земной коры отложения каменного угля путем давления нередко превращаются в залежи графита. Таковы, например, мощные отложения графита Туруханского края, Енисейской губ., по р. Нижней Тунгуске и ее притокам, по Курейке (притоку Енисея), Бахте и др., изученные А. Чекановским[3], который нашел в них отпечатки растений, превращенных в графит. Графит лежит слоями от 2 до 4 м мощностью, в связи с графититом в глинистых сланцах. С. Обручев (1918, 1919), изучавший Тунгусский угленосный бассейн, указывает на то, что уголь превращен в графит на контакте с траппами — оливиново-пироксено-плагиоклазовыми породами основной магмы. Растения из графитовых слоев Нижней Тунгуски были определены Шмальгаузеном (1869, стр. 97).

Графитовые находки по правым притокам Енисея и по Енисею (Курейке, Бахте и т. д.) относятся к той же тунгусской свите лишь по аналогии. В Курейском месторождении пласт графита до 2 м мощностью перекрыт графитовыми и углистыми сланцами [4]. Графит наблюдается на

---

[1] Можно признать, что давление в 100 атм. действует в химических реакциях, в явлениях динамометаморфизма, аналогично 1° температуры. — См. Königsberger, 1908, стр. 534.

[2] De Launay, 1905, стр. 386—387.

[3] Эйхвальд, 1864, стр. 122 и сл. Дневники А. Чекановского, 1871—1873 гг. (1896, стр. 108). Наблюдения И. Лопатина 1866 г. (1897, стр. 161). Ср. перечисление месторождений у К. Скальковского (1867, стр. 18 и сл.).

[4] Семенченко, 1921, стр. 49 и сл.

Урале (Боевское месторождение), где он также заключает превращенные в графит остатки растений[1], на Кавказе, в Даргавском ущелье (§ 304) и т. д. В Альпах тянется мощный (до 1 км) пояс метаморфизованных, осадочных, частью каменноугольных пород, гнейсов и сланцев, содержащих гнезда графита. Его разрабатывают в Штирии, в Таврах; но эквиваленты той же зоны наблюдаются в Лигурских Альпах (около Багнаско) и в Вальденской долине, около Турина. Местами наблюдаются все переходы этих графитов в антрациты. В графитах находятся остатки каменноугольной флоры[2].

Чрезвычайно распространен графит во всех кристаллических сланцах Мадагаскара, в большем или меньшем количестве. По данным Лакруа[3], углерод на Мадагаскаре является одним из наиболее распространенных элементов. Он найден в гнейсах, слюдистых сланцах, кварцитах, известняках и в произошедших из них кремнистых породах.

Совершенно тот же самый процесс, который наблюдается над пластами каменного угля, происходит в природе и над мельчайшими частицами углистого, гумусового, вообще измененного органического вещества, попавшего при разложении организмов в осадочные слои. В контактовых минералах это вещество собирается в конце концов в форме включений графита (например, в андалузитах — так называемые хиастолиты и пр.).

Так как изменение давления происходит в земной коре всюду и в огромных размерах, то и превращение этим путем организованных тел является в ней не чем-нибудь случайным или редким, а есть общий или обычный процесс, постоянно идущий в огромных размерах в областях контакта и регионального метаморфизма.

В тесной связи с этим процессом надо отметить еще необыкновенно частое нахождение графита в метаморфических породах — кристаллических сланцах и гнейсах. Здесь графит иногда замещает слюду и дает графитовые слюдяные сланцы[4], довольно обычные в Рудных горах (Эльтерлейн, Визенталь и т. д.), Пиренеях и т. п., в Финляндии (Выборгская губ.)[5], в Ильменских горах, в Канаде и пр. Генезис этого графита весьма разнообразен и, очевидно, стоит в тесной связи с генезисом самих кристаллических сланцев и гнейсов, в которых он находится: очевидно, он, с одной стороны, образовывался указанным путем из органических веществ (главным образом каменных углей)[6], с другой,—так или иначе связан с магматическими процессами.

294. Образование графита в связи с магматическими явлениями земной коры имеет много сходства с выделением его путем давления. Участие магматических явлений в образовании графита приходится допустить даже для некоторых наиболее обширных месторождений графита. Неко-

---

[1] А. Карпинский, 1887, стр. 631.

[2] Stur, 1883, стр. 189; Hatle, 1885, стр. 3 и сл. Литературу см. у De Launay, 1903, стр. 81—82; Königsberger, 1908, стр. 546. По мнению Вейншенка (Weinschenk, 1900 (1), стр. 260; 1900 (2), стр. 36 и сл.), превращение их в графит произошло в значительной степени под влиянием контактного действия гранитной магмы. Критику этого взгляда см. у Hoernes, 1900, стр. 97 и сл. De Launay, 1903.

[3] Lacroix, 1921—1922, I, стр. 152.

[4] Rosenbusch, 1898, стр. 500.

[5] Пузыревский, 1866, стр. 270.

[6] Очень вероятно такое происхождение для главных месторождений графита в докембрийских отложениях Канады; см. J. Dawson, 1870, стр. 115 и сл.

торые исследователи, например Вейншенк, сводят все типы генезиса графита к одному этому типу, связанному с реакциями силикатовых магм.

Несомненно, можно различить несколько разных случаев образования графита этим путем. Во-первых, графит образуется на контакте органических веществ с расплавленными магмами. Происходит как бы сгорание органических соединений при очень высокой температуре и недостаточном доступе кислорода, т. е. температура действует аналогично давлению (§ 293). Так, еще в 1828 г. Эли де Бомон объяснил этим путем образование графита в Шардоннэ в Альпах, где он выделился из антрацита на контакте его с порфиритом[1]. Таков же графит Нью-Кумнока, в Айршире в Шотландии, лежащий на границе каменного угля с базальтом[2]. Подобные случаи на контактах весьма часты[3].

Образование графита связано в них с сублимацией или разложением летучих органических соединений. Так, например, в битуминозных осадочных породах Консенсион в Закатекасе, в Мексике, скопление графита не наблюдается на непосредственном контакте с гранодиоритами; в более далеких от контакта участках осадочные породы содержат графит, вблизи же совершенно лишены битуминозных веществ[4]. Очевидно, в близких к контакту частях органическое вещество сгорело нацело; графит выпал на некотором расстоянии при разложении каких-то летучих тел.

295. Еще сложнее образование графита из расплавленной магмы. Графит, как показал Люци[5], легко растворяется в расплавленных силикатах и выделяется из них в кристаллическом виде. Такие выделения графита наблюдаются, например, в некоторых месторождениях Ильменских гор; здесь радиально-лучистые конкреции графита выделились в гранитах и пегматитовых жилах при условиях, аналогичных выделению в магмах сфероидальных образований[6]. К тому же типу выделений, тесно связанных с магмами, относятся некоторые графитовые залежи, например, знаменитый графит Ботогольского гольца в Тункинских горах, в Забайкалье (так называемый Алиберов графит). Графит находится в авгитовом и нефелиновом сиените или тесно с ним связан[7]. Повидимому, того же происхождения были знаменитые месторождения Кумберленда, около Борроудаля, дававшие графит для карандашей в течение столетий и сыгравшие крупную роль в истории человеческой культуры (§ 301). Здесь графит находился в области изверженных пород, неправильными массами, в тесной связи с дайками измененного диорита и массами диабаза[8].

Графит выделяется в массивных породах разного характера. Уже были указаны выделения очень оригинального графита в железных базальтах Гренландии (§ 52). Во многих кварцевых порфирах наблюдаются круглые почки плотного графита[9]. Породы алмазоносных диатрем Южной Африки иногда богаты графитом.

---

[1] Lacroix, 1897, стр. 361.
[2] H. Bolton, 1895, стр. 126; J. Smith, 1896, стр. 257.
[3] См., например, для Саксонии у R. Beck u. W. Luzi, 1891 (2), стр. 28; 1891 (1), стр. 1884.
[4] Bergeat, 1909, стр. 482.
[5] Luzi, 1891 (1), стр. 4093.
[6] Вернадский и Шкляревский, 1900, стр. 367.
[7] Ауэрбах, 1856, стр. 155; Куторга, 1857—1858, стр. 158; Алибер, 1865; Ячевский, 1899 (1), стр. 19 и сл. Это месторождение указано бурятами С. Черепанову в 1838 г. Ср. § 306.
[8] Ward, 1865, стр. 60.
[9] Weinschenk, 1907, стр. 58.

В этих процессах, тесно связанных с магмами, едва ли можно говорить всегда о прямом и непосредственном выделении графита из расплавленного состояния, что иногда, как показали опыты Люци, и может иметь место[1]. Вероятнее всего, чаще процесс этот сводится к разложению каких-нибудь летучих соединений углерода, столь многочисленных в магмах (ср. железо — § 53). Надо думать, что как раз в связи с разложением таких летучих соединений находятся некоторые из самых важных месторождений графита в Баварии (Пассау) и Чехии (Чешский Лес), характер которых выяснен Вейншенком. В окрестностях Пассау графит находится в кордиеритовых гнейсах, богатых рутилом; нередко вблизи имеются включения кристаллических известняков. Местами гнейс, богатый графитом, изменен; его алюмо- и феррисиликаты превращены в нонтронит (например, роговые обманки) и каолин, богаты опалом и марганцевыми гидросиликатами. Повидимому, вещества, давшие графит, проникли в эти гнейсы при не очень высокой температуре и состояли из каких-то летучих (или жидких) углеродистых соединений, тесно связанных с выходами сиенитовых и гранитовых магм. Такое вторичное выделение графита (может быть, части его) несомненно доказывается существованием многочисленных графитовых жил, местами прорезающих гнейсы. Какого рода были эти подвижные углеродистые соединения, проникавшие в жилы и своим разложением давшие графит,— неизвестно[2].

Во многом аналогичны и южночешские месторождения (около Черного Потока — Крумау), тесно связанные с гнейсами. Здесь скопления графита достигают еще бо̀льших размеров, чем в Баварии, имеют характер более правильных слоев, чем в Пассау; гнейс большей частью совсем изменен и порода нередко имеет характер графитового сланца, так как все части гнейса, кроме кварца, отходят на второй план. Вторичное проникновение графита и связь его нахождения с гранитными породами (лампрофир и аплит), однако, менее ясна. Для окончательного решения вопроса о генезисе этого графита необходимы еще дальнейшие исследования, но наблюдения Вейншенка[3], во всяком случае, указывают на много общих черт с пассаускими.

296. В связи с магмами, но более сложной или менее непосредственной, находится другой тип месторождений графита, морфологически близкий к пегматитовым жилам. Кажется, впервые он был описан канадскими геологами в 1860-х годах[4]. Дальнейшие исследования выяснили его значение в истории графита. К этому типу относятся богатейшие его месторождения на о-ве Цейлон[5]. Они сосредоточены около Рагедары, Ампе и т. д. Здесь жилы графита, очень неправильной формы и колеблющихся размеров, проходят в гранулитах, иногда измененных и местами богатых кварцевыми жилами. Цейлонский графит состоит из скоплений часто лучистых пластинчатых кристаллов, которые выделяются

---

[1] Таковы, например, включения графита в базальтах Зибенгебирге. Zirkel, 1903, стр. 197.

[2] Weinschenk, 1897 (1), стр. 46 и сл.; 1901, стр. 450 и сл. Вейншенк считает их частью CO, частью карбониловыми соединениями Fe и Mn, аналогичными $Fe_m(CO)_n$,— но пока это лишь гипотеза. Ср. литературу и критические замечания у De Launay, 1903, стр. 69 и сл.; Putz, 1911.

[3] Weinschenk, 1897 (1), стр. 52; Bonnefoy, 1879, стр. 180 и сл.

[4] J. Dawson, 1870, стр. 113.

[5] J. Walther, 1889, стр. 361; Diersche, 1898, стр. 274 и сл.; Grünling, 1900, стр. 227; Coomaraswamy, 1900, стр. 609 и сл.; Weinschenk, 1900 (1), стр. 281 и сл. К сожалению, все эти работы не дают ясной картины, очень отрывочны; месторождения требуют более тщательного исследования. Bastin, 1912, стр. 419.

по стенкам трещин, достигая 20 см в длину; они обволакивают куски окружающих пород и выделившиеся вместе с ними кристаллы других минералов — кварца, рутила, апатита, пирита, кальцита и т. д. Парагенетические условия выделения этого графита не позволяют объяснять его образование магматическим путем; он выделился или из газообразного или из жидкого состояния; минералы, его сопровождающие, имеют характер минералов пегматитовых жил.

Аналогичные жилы графита довольно часто встречаются в породах лаврентьевской системы Северной Америки; таковы, например, графиты из Тикондероги (Нью-Йорк), встреченные в полевошпатовой жиле, в гнейсах с турмалином, пиритом, сфеном, кальцитом[1].

Уже в этих отложениях графита пневматолитические реакции выступают на первый план. Подобно пегматитовым жилам, здесь играют большую роль и реакции, идущие в водных растворах. Такие реакции еще резче для некоторых контактовых месторождений графита. Таково, например, минералогически очень интересное месторождение кристаллов графита в Финляндии, на о-ве Олё, около Паргаса (Аландские острова). Здесь графит находится в жилах кальцита (местами богатого кварцем), на контакте их с гнейсами, гранитами и т. п. Вместе с ним находятся паргасит, хондродит, флогопит, апатит и разнообразные силикаты, нередко богатые фтором[2]. Даже если здесь шло распадение летучих органических соединений, необходимо допустить, что процесс совершался в водной среде, при невысокой температуре. Парагенезис этого графита указывает на условия, близкие к конкреционным жильным процессам.

И действительно, в жилах иногда наблюдаются тонкие графитовые выделения; большей частью, однако, мы имеем в них аморфный шунгит, обычно называемый антрацитом. Явления эти не изучены.

297. Изменение графита. Образуясь разнообразным путем, графит мало меняется на земной поверхности. Повидимому, только тонкие, раздробленные его части понемногу окисляются мало известными нам процессами, тогда как массовые его скопления не меняются, если не будут подвержены механическому истиранию, например во время горообразовательных процессов (§ 34). Истиранием графита в осадочных и обломочных слоях земной коры обусловливается, очевидно, довольно быстрое его исчезновение из россыпей, где он, впрочем, иногда наблюдается, например в алмазоносных россыпях Бразилии и Южной Африки[3].

Только изредка можно констатировать переход его в другие соединения, так, например, при явлениях контакта при переходе углеродистых веществ в графит; здесь на самом контакте графит исчезает, т. е. сгорает[4]. Весьма вероятно, что процесс такого сгорания происходит в других случаях под влиянием организмов. По крайней мере, угольная пыль, постоянно находящаяся в почве, сгорает в угольную кислоту под влиянием какого-то диплококка[5]. Этот мало изученный процесс заслуживает серьезного внимания.

---

[1] Merrill (1899), 1901, стр. 169—170 (наблюдения Кемпа); Weinschenk, 1900 (1), стр. 296; Bastin, 1909, стр. 729.

[2] A. Nordenskiöld, 1855, стр. 110; Kuhlberg, 1867, стр. 38 и сл., 53 и сл.; О графите из карбонильных соединений в Австралии см. Jensen, 1922, стр. 55.

[3] Moissan, 1896 (2), стр. 278.

[4] Vogt, 1897, стр. 8.

[5] Омелянский, 1909, стр. 307,— на основании работ Поттера.

298. История алмаза. Самородный углерод во всех его разностях — и в виде алмаза, борта и карбонадо и в виде графита и графитита, даже в виде шунгита, если принимать во внимание искусственные продукты,— является важным объектом в человеческой жизни.

Для техники и жизни не хватает природных продуктов, и человек искусственно выделяет, сознательно и бессознательно, самородный углерод все в бо́льших количествах. В обиходе человеческой жизни образуется огромное количество сажи (распыленный шунгит), готовятся не меньшие количества кокса (шунгит), в чугуне создаются миллионы пудов микроскопических листочков графита и тот же графит ежегодно получается искусственно в тысячах тонн для электрических углей, лампочек накаливания, вольтовых дуг.

Весь этот самородный углерод, приготовляемый человеком, находится в мелко раздробленном виде, т. е. легко сгорает, переходит в новые соединения (§ 34, 297). Ту же роль химического деятеля играет человек и по отношению к природному самородному углероду. Он постоянно и усиленно переводит эти крайне стойкие на Земле тела в другие соединения или в состояния, удобные для изменения: графит распыляется или сгорает, значительные количества алмаза истираются при бурении. Химическая роль человека при изменении природного углерода все усиливается; по своему значению она может быть сравниваема с механическими природными процессами, производящими ту же работу. Очевидно, в конечном итоге все эти реакции идут за счет энергии Солнца.

299. Человек начал добывать углерод многие тысячелетия назад. Алмаз издревле употреблялся[1], подобно другим драгоценным камням, сперва как украшение и магическое средство для предохранения от зла или для лечения[2].

Повидимому, центром его самых древних находок была Индия, где он за много столетий до новой эры был найден в россыпях и попадал в сокровищницы местных владетелей. Из Индии он медленно проникал и в другие страны. Добыча велась примитивными приемами, кустарным образом.

Древняя история алмаза известна нам мало. Мы не знаем даже, в каких частях Южной и Средней Индии он добывался[3]. Но он упоминается уже за много столетий до новой эры в санскритской литературе. Может быть, наиболее древние его россыпи были сосредоточены в бассейне р. Маганади (Самбальпур)[4].

Несколько полнее наши представления о его истории в культурных областях Средиземного моря, куда он проникал из Индии. В древней литературе Греции и евреев мы находим уже указания на алмаз. Они иногда возбуждали сомнения; но, повидимому, несомненно, что алмаз был известен в Европе за несколько столетий до н. э.[5]. В первом столетии н. э. Плиний Старший описывает алмаз как величайшую драгоценность. Его распространению, может быть, препятствовала трудность отделки благодаря исключительной его твердости, недостаточность торговых сношений с Индией, местный спрос его в областях индийской культуры. Повидимому, более

[1] История алмаза тесно связана с историей употребления драгоценных камней. История драгоценных камней, иногда анекдотического характера, имеет огромную литературу. Из более важных работ см. для алмаза: Krause, 1856; King, 1865; Boutan, 1886; Streeter, 1896, 1898; Пыляев, 1896; M. Bauer, 1909.

[2] Krause, 1856; Fühner, 1902, стр. 76—77; Santini de Riols, 1905, стр. 86.

[3] L. Finot, 1896, стр. XXV и сл.

[4] V. Ball, 1881 (3), стр. 1, 25, 41. Вероятные указания на другую местность.

[5] Krause, 1856, стр. 10—11.

крупные алмазы совершенно не могли быть вывезены за пределы местных государств[1]. Однако их долго там не находили или они являлись чрезвычайно редкими. Повидимому, до XV столетия н. э. был известен всего один крупный алмаз, о котором у нас имеются точные указания с начала XIV столетия[2]. Очевидно, тем труднее могли проникнуть дорогие большие камни в далекие от Индии края. А между тем сомнительно, чтобы в область средиземноморской культуры проникали алмазы иного происхождения[3].

Алмаз не прекращал привлекать к себе внимание и любовь человека в Индии тысячелетия, не теряя своего значения при смене культур и народов. Его добыча началась здесь еще в доарийские времена[4]. Но распространение его за пределы индийских культур не всегда шло одинаково.

Далеко не везде, подобно народам Европы и Индии, его ценили выше других драгоценных камней. На Арабском Востоке он употреблялся издавна при медицинских операциях, благодаря своей твердости. Об этом упоминает, например Тифаши (умер в 1253 или 1254 г.)[5]. Но как драгоценный камень он ценился здесь много дешевле рубина, и цена его на Востоке в XIII столетии была в несколько раз меньше цены его в Европе в конце 1860-х годов (карат, соответственно, стоил 33—280 франков). Арабы — может быть, в связи с представлениями о его магических свойствах—боялись и избегали его. Персы в XIII веке ставили его ниже рубина, изумруда или хризолита[6].

С Востока алмаз проникал в Европу и после падения Римской империи. В конце средних веков, в ранний Ренессанс, при стремлении к роскоши и любви к драгоценным камням, мы находим во владении европейских владетелей и богатых людей нередко довольно крупные алмазы (например, знаменитый алмаз Карла Смелого — Ле Санси, более 10 г, который впервые был отшлифован в 1475 г., по преданию, Л. де Беркемом).

Все это время центром алмазной добычи все еще была Индия (может быть, Борнео). В Южной Индии, в Колларе, на р. Кистне, были открыты в XVI столетии богатые россыпи алмаза; здесь еще в XVII веке около Голконды работали тысячи туземцев[7].

Однако вошедшая в жизнь техника шлифовки алмаза была выработана не в Индии, а в Европе[8] в XIV, но главным образом в конце XV века. Прежние, старинные, независимо открытые и в Индии приемы его шлифовки не получили широкого развития. С XVI столетия для Европы и Америки центром алмазного производства стал Амстердам, где мало-помалу

---

[1] King, 1865, стр. 21.

[2] Maskelyne, 1891, стр. 555.

[3] Плиний указывает на добычу его в Аравии, и, может быть, здесь существовали исчерпанные теперь алмазные россыпи. См. Krause, 1856, стр. 33. Есть указания на привоз его карфагенянами. В связи с этим еще Щеглов (1824, стр. 57) высказывал предположение о нахождении древних его рудников в Центральной Африке. Любопытны указания Плиния на привоз его из Эфиопии (изд. 1819, стр. 4). Ср., впрочем, замечания Кинга (King, 1865, стр. 22). Не был ли алмаз южноафриканских россыпей известен раньше XIX века? На карте 1750-х годов, данной французскими миссионерами, указаны алмазы в Гриквеленде. См. Jacobs et Chatrian, 1884, стр. 160.

[4] Ritter, 1836, стр. 344 и сл.; V. Ball, 1881 (2), стр. 1 и сл.

[5] Clement-Mullet, 1868, стр. 132, 514—516.

[6] King, 1865, стр. 30. Алмаз был издревле известен китайцам. Любопытно, что они называли его «твердым камнем золота», придавая одинаковое происхождение с золотом (Mély, 1896, стр. LXVI). Получали из золотых россыпей?

[7] Описание рудников Индии см. Tavernier, 1678, стр. 339 и сл.

[8] King, 1865, стр. 26, 31.

техника его полировки достигла большого совершенства, и особенно с конца XVII века, когда была найдена В. Перуцци в Венеции форма бриллианта, алмаз стал получать все большее и большее распространение.

В начале XVIII века были открыты в Минас-Жераис первые алмазы Бразилии, в 1728 г. попавшие в Лиссабон[1]. К 1740 г. добыча алмаза в Бразилии достигла значительных размеров, превысивших старинные разработки Индии, которые к этому времени почти сошли на нет. Сперва добыча в Бразилии сосредоточивалась в бассейне Сан-Франциско, в Минас-Жераис. Новый самостоятельный источник алмаза вызвал в Европе быстрое падение его цены, уже не достигшей прежней величины. В 1844 г. открыты алмазы в Байе. Месторождение алмаза в Салобро в Бразилии, открытое в 1882 г., уже выработано[2].

Во второй половине XIX века добыча Бразилии была подорвана открытием алмаза в Южной Африке. В 1867 г. был случайно найден детьми фермера Якобса первый алмаз в Южной Африке, правильно определенный д-ром Атертоном, и вскоре — в 1869 г. — началась добыча алмаза в Южной Африке, сперва незначительная, из россыпей, а затем, в 1870 г., — из коренных месторождений совершенно нового типа. Быстро возникли города и поселки и вырос новый центр алмазной промышленности — г. Кимберли.

Отсюда стало добываться колоссальное количество алмазов, легко удовлетворявшее потребление, расширившееся благодаря росту благосостояния и любви к роскоши культурного человечества и новому применению его в бурильном деле. Африка продолжала стоять на первом месте, несмотря на отдельные открытия новых значительных месторождений алмаза.

300. Пользуясь его максимальной, по сравнению с другими земными минералами и породами, твердостью, человек давно применил алмаз для бурений и шлифовки. Уже в классической древности осколки алмаза употреблялись при обработке других твердых камней, играли, например, видную роль в художественном резании на камне[3]. Очень возможно, что алмаз употреблялся в древности и при более значительных работах, например при постройках. Но настоящее применение алмаза в этом направлении — алмазное бурение — началось в 1860-х годах[4]. Оно быстро получило широкое распространение. Только благодаря ему тоннели и рудное дело могли достигнуть в последней половине XIX века неслыханного развития и быстроты работы.

В 1889 г. в Южной Африке образовался трест, позволивший сделать колоссальные затраты для технических усовершенствований в добыче алмаза, устанавливающий цены, ограничивающий его добычу. За 11 лет, до середины 1899 г., связанные с ним компании добыли около 5,02 т алмаза из окрестностей Кимберли[5]. В общем, все остальные алмазные копи мира, за исключением Егерсфонтейна в Оранжевой республике, тоже входящего в трест, едва ли составляют вместе 5% добычи этих алмазных месторождений. К 1900 г. из окрестностей Кимберли добывалось в год в

---

[1] Eschwege, 1833, стр. 354; Freise, 1910, стр. 428, — со сводкой местной бразильской литературы. Алмазы Бразилии открыл и определил в 1723—1724 гг. B. da Fonseca Lobo.

[2] Freise, 1910, стр. 438.

[3] Krause, 1856, стр. 229; King, 1865, стр. 25 и сл.

[4] Любопытно, что изобретатель алмазного бурения швейцарец Лешо исходил в своих мыслях из предположения, что алмазом пользовались египтяне при своих огромных сооружениях. Jacobs et Chatrian, 1884, стр. 334.

[5] Williams, 1902, стр. 521.

среднем 451 кг алмаза, в Егерсфонтейне 51,3 кг, в Новом Южном Валлисе 5,3 кг, небольшие количества в Бразилии — около 8 кг; из Индии и Борнео шли ничтожные количества, не достигающие 0,3 кг. С 1900 по 1908 г. из рудников Беерс, Кимберли, Уэсселтон, Бультфонтейн и Дютуаспан добыто более 3,4 т алмаза[1]. В 1909 г. открыты новые алмазные копи в Немецкой Юго-Западной Африке, быстро выдвинувшиеся на алмазном рынке. Добыто до 1910 г. 28,55 т алмаза[2].

В настоящее время добывается всего не менее полтонны алмаза в год, причем на первом месте стоит Южная Африка (90% всей добычи), далеко за ней следует Новый Южный Валлис и затем Бразилия. Эта добыча начала XX столетия далеко оставляет за собою добычу прежних веков, так, например, из Бразилии за все 180 лет работы получено всего 2,69 т (по Фрейзе[3] — 3,5 т), т. е. вдвое меньше, чем за 11 лет из одних окрестностей Кимберли! Для Индии оценивают всю многовековую добычу алмаза в 2 т[4]. За весь период истории алмаза для предметов роскоши добыто не более 16 т[5]. К 1870 г. годовая добыча алмаза достигала 12,3 кг, а в 1887 г. она была 717,5 кг и искусственно была остановлена трестом[6]. Значительная часть добытого алмаза хранится и накапливается в сокровищницах; этот алмаз мало исчезает, ибо в 100 лет, по вычислению Кунца[7], теряется не более 5% (в отличие от золота — § 34, 149 — алмаз не истирается). Эти запасы все увеличиваются, ибо рост благосостояния культурных государств и потребления не ослабляется[8]. Исчезает лишь алмаз, расходуемый при бурении, при шлифовке, при обработке камней[9].

Борт и карбонадо, получаемые случайно, являются высоко ценимыми алмазами для бурения благодаря своей большей твердости. Карбонадо начал добываться в 1880 г.; в год его добывается не менее 6 кг[10].

301. История графита. Не меньшее, если не большее значение имеет в технике графит. Он употребляется в огромном количестве для изготовления металлургических тиглей, служащих для добычи металлов (главным образом стали), и форм (55%); для изготовления карандашей (5%), для приготовления машинных смазочных составов (5%) и красок (15%); употребляется в электротехнике, гальванопластике, шлифовальном деле[11].

Для всех этих изделий идут различные сорта графита; так, например, для карандашей одно время наилучшим являлся борроудальский английский графит; на смену ему явились графиты Чехии и Моравии, отчасти превосходный графит Мариинских гор (графит Алибера). Для карандашей годен тонкочешуйчатый графит; плотные или крупнолистоватые его

[1] M. Bauer, 1909, стр. 248.
[2] De Launay, 1913, стр. 406.
[3] Freise, 1910, стр. 439.
[4] M. Bauer, 1909, стр. 180.
[5] De Launay, 1897 (4), стр. 7.
[6] Williams, 1902, стр. 526.
[7] De Launay, 1897 (4), стр. 3.
[8] Любопытно, что, несмотря на исключительную охрану алмаза, документальная история больших алмазов не идет с достоверностью глубже XIV столетия.
[9] Подробное описание и история развития алмазного дела и открытий см. у De Launay, 1897 (4), стр. 1 и сл.; Williams, 1902, стр. 118 и сл. О новейшей истории алмаза (до 1923 г.) см. у De Launay, 1923, стр. 370 и сл., 381. В употреблении человека находится в граненом виде около 38 т алмаза.
[10] M. Bauer, 1909, стр. 203. Цифра эта очень сомнительна. По сведениям «Statesman's Yearbook» (publ. by J. S. Keltie, L., 1911, p. 666), стоимость добываемого в Бразилии карбонадо в 6 раз превосходит стоимость алмаза в Бразилии, причем значительная часть карбонадо не попадает в регистрацию.
[11] Roush, 1913, стр. 22; 1914, стр. 364.

разности для этого не годятся. Поэтому химически чистый, но крупнокристаллический графит Цейлона не может вытеснить с рынка более старинные и бедные чистым графитом месторождения Чехии. С другой стороны, цейлонский графит превосходен для тигельного производства. Благодаря этому производство графита долго удерживается на одном месте, так как графиты разных местностей технически очень различны.

Наиболее древним использованием графита было, вероятно, употребление его как краски первобытными племенами, сохранявшими ее кое-где еще в XIX веке, например чукчи, для татуировки[1]. Аналогично графит употреблялся кельтами и другими племенами для окраски горшков[2]. Позже, тоже очень давно, вошло употребление графита для изготовления тиглей, совершенно незаменимых при плавке золота, серебра, латуни, для изготовления сплавов и стали. Изобретение тигельной стали теряется в глубокой древности — в Индии, по крайней мере (§ 62), и едва ли можно было при этом обойтись без графитовых тиглей. И в Европе приготовление графитовых тиглей теряется в глуби веков[3]. Потребность в тиглях долго не достигала большого значения; однако они всегда употреблялись при изготовлении монет. Большее значение графитовые тигли приобрели лишь к середине XV века, когда в Европе вошли в жизнь новые металлические сплавы. Не так уже много шло графита и для алхимических опытов. Он добывался для этого в Чехии, Моравии и главным образом в Баварии.

В середине XVI столетия были открыты знаменитые залежи графита в Борроудале, в Кумберленде. Повидимому, этот новый материал был тогда же использован итальянскими художниками, придавшими ему почти современную форму карандаша[4]. Долгое время главным поставщиком графита была Англия; только здесь встречался графит, который мог идти в дело кусками. С начала XVIII века вошли в употребление худшие сорта из Баварии. В XVIII веке, по мере истощения английского графита и изобретения Контэ и Гардтмутом (1795) нового способа изготовления карандашной пасты, начались разработки его в Чехии (около Шварцбаха) и Моравии. Чехия доставляет и теперь бо̀льшую часть графита для карандашей. Для Америки получил недавно значение для этой цели графит из Соноры в Мексике. Пассау в Баварии сохранил свое значение для изготовления тиглей до второй половины XIX века. В середине XIX века Алибер[5] вывез значительные массы «сибирского графита» из Тункинских гор, превосходного качества — для карандашей; но дело это вскоре непонятным образом заглохло, хотя этот графит напоминал старинные сорта Кумберленда[6]. Почти в то же время выступил на сцену новый поставщик графита — Цейлон, где были местные разработки с XVII века и даже раньше, но который лишь со второй половины XIX столетия получил значение и одно время был главным источником графита

[1] Шамиссо, 1823, стр. 350.

[2] Weinzierl, 1906, стр. 14 (Чехия); Dottin, 1906, стр. 157.

[3] В Баварском лесу, около Пассау, находка доисторических тиглей с графитовой примесью указывает на значительное развитие кустарной разработки графита в то время; в позднее средневековье она процветала; среди алхимиков были в ходу пассауские тигли — см. Weinschenk, 1897 (1), стр. 13.

[4] Историю карандаша см. Faber, 1893, стр. 393.

[5] Об этом открытии см. Алибер, 1854, стр. 11; 1865.

[6] Является чрезвычайно желательным возрождение этого дела. Фабер (Faber, 1893) указывает, что цена хороших карандашей держится так высоко потому, что доставка необходимого для этого графита из Сибири стоит очень дорого. Как известно, уже по крайней мере лет 50 никакой правильной доставки из Сибири нет. Ср. Ячевский, 1899 (1), стр. 46.

для тигельного и других производств, не давая, однако, карандашных сортов. В среднем в 1890-х годах здесь добывалось до 30 тыс. т сырого графита в год (94—98% его содержало более 90% C); в 1899 г. в разработке цейлонского графита наблюдается кризис, который привел было в 1900 г. к временному прекращению добычи. В 1907 г. добыто 36 406 т[1]. На втором месте долго стояла Австро-Венгрия, где в 1891 г. добывалось в год 21 346 т, а в 1907 г. более 53 тыс. т (25% с содержанием более 90% C, бóльшая часть с 40—70% C). Уже в 1902 г. Австро-Венгрия заняла первое место[1]; далее следуют Северная Америка (29 277 т в 1907 г.), Мексика, Италия (больше 12 тыс. т в 1907 г.), Германия (около 4400 т)[2] и т. д. Вся мировая добыча графита достигла в 1907 г. 143 930 т[3]. Затем стали добывать значительные количества графита на Мадагаскаре: в 1909 г. — 19 т, а в 1913 г. — 6134 т[4]. Добыча графита в России была невелика, и его нехватало на все потребности[5].

Однако наряду с добычей естественного графита начинает подыматься синтез чистого, более богатого углеродом графита (для электродов), полученного утилизацией энергии Ниагары (в 1901 г. добыто 1125 т)[6]. С каждым годом значение синтеза графита человеком увеличивается, и очень возможно, что это количество превышает уже теперь то, которое растрачивается им утилизацией природного графита. К тому же много графита производится человеком бессознательной работой: всякая сажа содержит графит[7] — он получается в чугуне и т. д.

Шунгит лишь в последнее время получил значение, подобное графиту. Довольно много отвечающего ему искусственного продукта идет в продажу под именем аморфного графита, бараграфита. Природный шунгит сперва пробовали — неудачно — употреблять и добывать как антрацит (Олонецкая губ.), но скоро бросили. В Америке, однако, добыча аморфного углерода (Род-Айленд, Мичиган) продолжалась и достигла в 1901 г. 800 тыс. т[8].

302. Алмаз в России. В России пока неизвестны значительные месторождения алмаза. Известные до сих пор находки его имеют исключительно минералогический характер. Нельзя, однако, не отметить, что у нас никто не занимался систематическими поисками этого драгоценного камня. Алмаз наблюдался у нас только в россыпях.

В *Архангельской губ.*, в *Александровском у.*, найдено несколько микроскопических кристаллов алмаза около Печенгской губы, в песке, богатом гранатом, в русле р. Пасвиг, на норвежской границе[9].

На *Урале*[10], в *Пермской губ.*, в *Пермском у.*, в *Бисерском окр.*, по

---

[1] Ries, 1905, стр. 181; Bastin, 1909, стр. 736.

[2] В Баварии с выгодой разрабатываются гнейсы, содержащие 20—25% графита. См. Weinschenk, 1897 (1), стр. 14. В 1903 г. получено здесь 3719 т чистого графита («Zschr. prakt. Geol.», 1904, S. 287).

[3] Bastin, 1909, стр. 736.

[4] Stutzer, 1911.

[5] Степанов, 1919, стр. 11.

[6] De Launay, 1903 (1), стр. 55—56.

[7] M. Berthelot, 1870, стр. 417.

[8] «Zschr. prakt. Geol.», 1902, S. 390.

[9] Vélain, 1891, стр. 112; М. Мельников, 1892, стр. 447. О вероятной материнской породе алмаза см. соображения Конради, 1915, стр. 297.

[10] Мамонтов, 1902, стр. 3—8. К Уралу относят указание Плиния на привоз алмаза из страны агатирсов. См. King, 1865. стр. 31—32, 417. Агатирсов новейшие археологи (например, Нидерле) помещают где-то около Карпат, так что, вероятно, эти указания Плиния на алмаз относятся к какому-то другому минералу. Солодов, 1904.

р. Полуденке, наибольшее количество алмазов было добыто в Адольфовском и Крестовоздвиженском приисках Шуваловых, где они были впервые и найдены. Первые алмазы найдены в 1829 г.[1]. Здесь найдено несколько сот (более 200) кристаллов алмаза (в одном Адольфовском прииске). Отдельные кристаллы найдены в других россыпях, например в *Пермском у.*, в Ключевском прииске Расторгуева[2], в Ольгинском прииске[3]. В *Кунгурском у.* алмаз указан в Харитоно-Кампанейской россыпи на р. Данковке, притоке р. Серебряной[4]. В *Екатеринбургском у.* и *окр.* известны алмазы в Меджгерской россыпи[5]. В Невьянской даче алмаз встречен в прииске близ дер. Киприной по р. Положихе (приток р. Режи) и старательском прииске по р. Цапе, около дер. Калташи, в Мостовском прииске, в Монетной даче[6]. В *Верхотурском у.* алмаз встречен на Николо-Святительском прииске по р. Журавлику, притоку р. Иса[7], в Кушайском прииске по р. Кушайке (Гороблагодатская дача)[8], Сладко-Гостинном прииске Шориной (Верхнетуринская дача[9], в приисках платины и хризолита по р. Бобровке (*Тагильского окр.*)[10].

В пределах *Оренбургской губ.* алмаз известен в *Верхнеуральском у.*, в Успенской россыпи[11] (Ильтабановские промыслы), в *Качкарской системе*[12], в *Троицком у.*, в Юльевской россыпи Прибылева по р. Каменке, в бассейне р. Сапарки[13].

В *Сибири*, в *Енисейской губ.*, отдельные кристаллы алмаза найдены в золотоносных россыпях по рекам Мельничной и Точильной, притокам р. Большого Пита[14]. Ячевский считает, что эти алмазы происходят из вторичных месторождений.

Борт и карбонадо в России не наблюдались.

303. Графит в России[15]. Графит является одним из распространенных тел в нашей стране и, несомненно, например в Сибири, находится в боль-

---

[1] Мамонтов, 1902 (литература); Г. Карпов, 1831, стр. 44 и сл.; Энгельгардт, 1831, стр. 368; G. Rose, 1837, стр. 356; 1842 (1), стр. 457. Алмаз находился, по мнению Энгельгардта, в первичном залегании в доломите. Историю открытия см. также Кокшаров, 1870 (1), стр. 361 и сл.; Ощепков, 1883, стр. 87 и сл. Открыл его крестьянский мальчик П. Попов, определил как алмаз Ф. Ф. Шмидт и Полье описал открытие в 1829 г. в «Journal de St. Pétersbourg». Об алмазах из этого месторождения см. еще Паррот, 1838, стр. 23; Еремеев, 1874, стр. 360; 1891, стр. 399. Об алмазах Крестовоздвиженской россыпи см. Zerrenner, 1849, стр. 482.

[2] Еремеев, 1890, стр. 449.

[3] Мамонтов, 1902, стр. 6.

[4] Еремеев, 1890, стр. 447.

[5] Зембницкий, 1831, стр. 4; Канкрин, 1833, стр. 109; G. Rose, 1837, стр. 373, 473.

[6] Мамонтов, 1902, стр. 3, 7, 10 (литература); Карножицкий, 1896, стр. 121—122.

[7] Бурдаков и Гендриков, 1896 (2), стр. 1 (прил.); Еремеев, 1896, прот., стр. 59.

[8] «Горн. журн.», 1838, IV, стр. 447.

[9] «Горн. журн.», 1885, I, стр. 509.

[10] Лобанов, 1897.

[11] Редикорцев, 1839, стр. 457.

[12] Еремеев, 1893, стр. 472.

[13] Еремеев, 1895, прот., стр. 45. Комбинация: $\{321\}\cdot\{3\bar{2}1\}$.

[14] Еремеев, 1898, стр. XIII; Мейстер, 1904 (1), стр. 101. См. еще Глинка, 1898, прот., стр. 75; Еремеев, 1899, прот., стр. 34; Ячевский, 1899 (2), стр. 42.

[15] Карту распределения графита в пределах России см. Степанов, 1919. Общие запасы см. Сырокомский и Яхонтов, 1923, стр. 41, 217.

ших количествах. Эти месторождения заслуживают серьезного внимания и должны иметь будущее. К сожалению, они нигде правильно не разрабатываются.

В *Архангельской губ.* графит указан в *Мезенском у.*, по р. Сыпью, притоку р. Усы[1]. В *Кемском у.*, около Лоухского озера, в Керетском лесничестве,— гексагональные пластинки графита в крупнозернистой породе. Во многих местах оз. Кукас наблюдается графитовая галька (иногда графитового сланца). Количество графита велико. Коренное месторождение не найдено (или не сохранилось?)[2].

В *Волынской губ.* имеются указания на графит в *Житомирском у.*[3], около Житомира, в гранитах Иозефовки, Самчика и Коростышева[4]. Выход графитового гнейса наблюдался на берегу р. Тетерева, севернее дер. Корчак[5]. В *Новоград-Волынском у.*, в разных местах по р. Случу, как то: около сел. Мехержинцево, в графитовом гнейсе[6], в глине около Городницы[7], в гнейсе около дер. Шитки, в аплитовой жиле с турмалином и вонючим кварцем около Романовки, в пеликанитовом граните в дер. Ширмовке[8]. В *Овручском у.*, в с. Дубковичи, графит встречен в виде подмеси в белой глине[9]. В *Ровенском у.* — в разрушенном гнейсе в Бильчаках[10].

В *Екатеринославской губ.* графит встречен в *Мариупольском у.*, по р. Кальчику, около Старого Крыма, в разрушенном гнейсе, в кварцевых прожилках[11].

В *Киевской губ.* отмечен графит в *Бердичевском у.*, в Глуховцах, около Бердичева[12], в *Черкасском у.*, около Малой Смелянки, в граните[13], в *Каневском у.*, в гнейсах по р. Роси, близ с. Корсуни и Каэтановки, где его одно время добывали[14]. В *Уманском у.* графит встречен около хутора Павловки, в имении Ольгино[15], а также графитовый гнейс известен около с. Песчаного[16]. В *Звенигородском у.*[17].

В *Курляндской губ.* есть неопределенные старинные указания на нахождение графита в глине около Угензеема[18].

В *Олонецкой губ.*, в *Пудожском у.*, графит указан в сланцах около Пудожа, вблизи Онежского озера[19]. В *Петрозаводском у.*, на п-ове Заонежье, около оз. Климецкого и т. д. развиты содержащие графит

---

[1] Скальковский, 1867, стр. 20. Открыт Сидоровым.
[2] Гинзбург, 1921, стр. 39 и сл.
[3] Морозевич, 1893, стр. 32.
[4] Андржейовский, 1853, стр. 302; Kreutz, 1890, стр. 23 и сл.
[5] Л. Иванов, 1912, стр. 232; Ласкарев, 1914, стр. 292, карта.
[6] Kreutz, 1890, стр. 22; Ласкарев, 1899, стр. 191; 1914, стр. 292; Бунге, 1881, стр. 88 (анализ); 1875—1876, прот., стр. 88; Степанов, 1919, стр. 21.
[7] Jakowicki, 1831, стр. 88.
[8] Л. Иванов, 1914 (2), стр. 133.
[9] Миклашевский, 1881, стр. 334.
[10] Эйхвальд, 1830, стр. 7; Jakowicki, 1831, стр. 89; Андржейовский, 1850, стр. 195. См. Тутковский, 1913, стр. 15.
[11] Копткевич, 1881 (1), стр. 294. Ср. Романовский, 1882, стр. 319.
[12] Коллекция Московского университета.
[13] Фелькнер, 1857, стр. 360.
[14] Андржейовский, 1850, стр. 206; 1853, стр. 301 и сл.
[15] Коллекция Киевского университета. По указанию Л. Крыжановского. Есть анализ: «Изв. Геол. ком.», 15, 1904, стр. 10.
[16] Конлис, 1905, стр. 15.
[17] Гинзбург, 1912, стр. 285.
[18] Ferber, 1784, стр. 298.
[19] Миклашевский, 1881, стр. 336.

глинистые сланцы[1]. В *Олонецком у.* С. Конради (1914, стр. 13) указывает прослои графита среди глинистых сланцев, метаморфических диабазов и в районе Туломозера.

В *Подольской губ.*, в *Брацлавском у.*, графит известен около с. Степановки[2]. В *Балтском у.*, около с. Троянки, в уроч. Круча, среди пестрых глин (продукт разложения кристаллических пород) шурф встретил слой графита (нечистого) толщиной до 31 см — вторичное залегание[3]. Графитовый гнейс с крупными включениями графита — около Синюхина Брода[3]. По В. Ласкареву, повидимому, богатое месторождение, заслуживающее разведки, — на р. Южном Буге, в казенных дачах (Сухой Яр) при с. Кошарке Александровской. Гнездовая залежь, покрытая разрушенным графитом. Местами более 2 м мощности; на пространстве до 1 км[4].

В *Таврической губ.*, в *Бердянском у.*, графиты встречены по р. Берестовой (впадающей в р. Берду), около с. Николаевки. Два слоя графита (мощностью 0,3—0,5 м) проходят среди кристаллических (глинистых и хлоритовых) сланцев в связи с гранитами; сланцы и графит пересекаются кварцевыми жилами. В р. Берестовой графит находится в гнейсе, где он заменяет слюду[5]. Местами он очень обогащен графитом (особенно у с. Николаевки)[6]. В связь с этим месторождением должно быть поставлено аналогичное месторождение около с. Поповки на р. Берде[7].

В *Херсонской губ.*, в *Александрийском у.*, около Кривого Рога — в 40 км от него, близ с. Петрова на Ингульце, графит найден в балке Власовой и окружающих[8], в балке Сухой[9] и т. д. В балке Власовой графит сопровождается нонтронитом, хлоропалом; его прослойки до 2,5 см мощности находятся в глинах и сланцах[9]. Встречен по р. Желтой[10] и др. Графитовый сланец произошел разрушением графитового гнейса; иногда богат каолином[8]. В *Елисаветградском у.*, замечен в граните и каолине у с. Скалевого на р. Синей[11].

304. На *Кавказе* много месторождений, промышленное значение которых не выяснено. «Наиболее крупными, имеющими, без сомнения, промышленное значение, являются месторождения Даргавского ущелья, затем около Сурама и, может быть, около дер. Киги»[12]. Большинство из них — измененный уголь, юрский или палеозойский. В *Батумской обл.* плохой графит найден по р. Берта (приток Имерхеви) в кварцитовых песчаниках[13].

В *Елисаветпольской губ.*, в *Елисаветпольском у.*, графит указан на

---

[1] Гельмерсен, 1861, стр. 26.

[2] Коллекция Киевского университета. По указанию Л. Крыжановского. Есть анализ: «Изв. Геол. ком.», 15, 1904, стр. 10.

[3] Г. Михайловский, 1901, стр. 340; Синюхин Брод —1900, стр. 15.

[4] Степанов, 1919, стр. 22—23.

[5] Конткевич, 1891, стр. 313, 382.

[6] См. Морозевич, 1899, стр. 381.

[7] Носовы, 1869, стр. 388; Гуров, 1881, стр 63—64; Морозевич, 1899, стр. 380.

[8] Конткевич, 1887, стр. 202—203; Пятницкий, 1898, стр. 169; Кузнецов, 1906, стр. 237, 241. О графите с Ингульца см. Селецкий и Ворздынский, 1882, стр. 245.

[9] Кузнецов, 1906, стр. 205, 237. Анализ чистого графита см. Алексеев, 1887, стр. 117; Степанов, 1919, стр. 23.

[10] Коллекция Московского университета. От проф. П. Пятницкого.

[11] Коллекция Московского университета. От Е. Ревуцкой. Ср. Самойлов, 1902, стр. 529.

[12] Степанов, 1919, стр. 25.

[13] Бацевич, 1887, стр. 117, 158.

земле сел. Отахчи-Тахнали[1]. В *Джеванширском у.*— около уроч. Мехмана[2]. В *Зангезурском у.*, в верховьях Киги-Чая, у дер. Киги, графит в виде гнезд и тонких прослоев находится в палеозойских (?) кварцитовых песчаниках[3]. Указан еще в Ачаули[2]. В *Казахском у.*, при с. Чинабаха по р. Остри-Су (правый приток р. Асрак-Чая) — землистый графит[2].

В *Карсской обл.* он указан в *Карсском окр.*, на левом берегу р. Чалдыр-Чай, около с. Джедара; в *Ольтинском окр.*— около с. Луспек[1].

В *Кубанской обл.* графит низкого качества встречен около Эльбруса[4]. В *Баталпашинском отделе*, по Кубани, указан графитовый сланец между балками Багыр-Кулак и Тактаул-Чалган[5]. Графит известен в Карачае по р. Худес[6]. По левой стороне р. Худес[2].

В *Кутаисской губ.*[1], в *Шаропанском у.*, кристаллический графит наблюдался около с. Чхери[7].

В *Терской обл.*, во *Владикавказском окр.* графит наблюдается в глинистых сланцах и кварцитах палеозойского возраста. Так, он указан в черном кварците по р. Чачу, в уроч. Бэрт-Хэда. Мелкие его прожилки наблюдаются в окружающих сланцах; в кварците он входит в цемент[8]. Другое значительное месторождение его наблюдается в Даргавском ущелье, около с. Джимары, в сильно дислоцированной местности, в глинистом сланце (частью графитовом) в виде пропластков, залегающих между черным глинистым сланцем и кварцитом[9]. Он является здесь смесью графита и графитита и произошел, повидимому, из каменного угля, может быть даже из лигнита[10]; мощность пропластков колеблется от нескольких сантиметров (5—20) до 1 м. Площадь, им занятая, довольно значительна (Фарсильциком, Исоннух, Карабутау, верховье Гизельдона). Такой же графит встречен по другую сторону хребта, в Куртатимском ущелье (около сел. Гутиатикау, Андиахкау); выходы его есть у Адайхоха, слабые выходы близ сел. Дунта, около Стурдигор[10], в сланцах в Кассарском ущелье[11], на горе Цахт, в ущелье Адайком[12].

В *Тифлисской губ.*, в *Горийском у.*, в 8 км от ст. Сурам, в Чумателети, известен пласт графита в глине, должно быть юрской, до 70 см мощностью[13]. На склоне Квашавы (Сурамский хребет), около ущелья Наруджа, впадающего здесь в р. Черат-Хеви, находится месторождение графита, подчиненное юрским слюдистым песчаникам, на контакте с гранитом. Графит плотный, мощностью до 4,2 м, чистого —3,5 м[14].

---

[1] Еще указания у Г. Смирнова, 1905, стр. 279—280. См. Меллер и Денисов, 1900, стр. 152—154.

[2] Меллер и Денисов, 1900, стр. 152—154; Ачаули — стр. 151—154; р. Худес — стр. 130.

[3] Коншин, 1890, стр. 150—151.

[4] Стрижов, 1901, стр. 184.

[5] Кондратьев, 1892.

[6] Юшкин, 1909, стр. 13.

[7] Коллекция Московского университета. Доставлен Джаваховым.

[8] Левинсон-Лессинг, 1901, стр. 65.

[9] Ср. Стрижов, 1898, стр. 39; 1901, стр. 170 и сл.; Левинсон-Лессинг, 1901, стр. 74; Земба, 1901, стр. 171; Смирнов, 1905, стр. 279; Степанов, 1919, стр. 26. Коллекция Московского университета.

[10] Стрижов, 1901, стр. 183, 184.

[11] Маркович, 1906, стр. 79.

[12] Коллекция Московского университета.

[13] Земба, 1901, стр. 172.

[14] Симонович, 1892, стр. 369—370.

В *Эриванской губ.*, в *Александропольском у.*, указан графит на земле сел. Машкянд, в местности Гомадзор[1]. В *Нахичеванском у.* графит обнаружен на горе Аважар у сел. Гендже-Кяндзя[2].

305. На *Урале*, в *Пермской губ.*, в *Верхотурском у.*, в Башкирской волости, около Сарапульской, отмечен графитовый сланец. Старательскими шурфами на золото открыты выходы графитового сланца в Кушвинской даче, на Ваганновском увале, около ст. Хребет Уральский (Коллекция Академии Наук). Он выходит и в *Верх-Исетском окр.*, около Верхнего Тагила[3]; на правом берегу р. Сакальи, у границ округа, наблюдались примазки и прослойки графита в слюдистом кварците[4]. В *Сысертской даче* графитовый сланец известен в Карандашном увале[5]. Графит указан в сиенитах около Сысертского завода[6]. Микроскопические включения графита обычны в разных минералах хлоритоидо-гранатового сланца горы Шахман (Крутенькой) Верхнеуральской дачи[7].

В юго-восточной части *Екатеринбургского у.* в *Черкаскульской даче*, мелкие листочки графита наблюдаются в гнейсах (например, около дер. Воздвиженки)[8]. В *Каменской даче*, в Багарякской волости, в дер. Фадиной, около Боевки, графит произошел изменением каменноугольных отложений. Здесь глинистые сланцы богаты графитом, а местами вместе с ним скопляется пластами мощностью до 1,3 м своеобразный антрацит (ш у н г и т?) (0,38 % H), тоже содержащий графит. В графитовом сланце найдены остатки каменноугольных растений. Тонкий графит обволакивает кристаллы спессартина и образует в них своеобразные включения[9]. Листочки графита известны в мраморах около Горного Щита[10]. В *Ревдинском окр.*, в *Ревдинской даче*, в 8 км от Мариинского завода, графит встречен в слюдистом кварците; местами графит образует прослойки мощностью до 0,2 м[11]. В Ревдинской даче известны тонкие прослойки графитистых сланцев среди туфовых сланцев[12]. В *Нижне-Исетском окр.* графит встречен с никелевой рудой[13]. Графитистые песчаники подстилают известняки в Верх-Исетской даче — в никелевом Петровском руднике и железном Ивановском[12]. Около Алабашки, в *Екатеринбургском окр.*, графит наблюдали в кальците[13]. С. Вейберг (1908) описал включения его в дистене из окрестностей Екатеринбурга. В *Уфалейском окр.* графитовый сланец находится среди тальковых сланцев, очень разрушенных, по р. Тахте[14]. Прослойки графитового гнейса развиты в *Кыштымской даче*, в Голой сопке, на берегу Сугомака[15].

В *Уфимской губ.*, в *Златоустовском у.*, указан графит на горе Тага-

---

[1] Г. Смирнов, 1905, стр. 279—280.
[2] Меллер и Денисов, 1900, стр. 153.
[3] «Горн. журн.», 1872, II, стр. 102—103.
[4] Зайцев, 1887, стр. 138.
[5] Штукенберг, 1898, стр. 53.
[6] Заварицкий, 1908, стр. 300.
[7] Б. Кротов, 1911, стр. 6—8.
[8] Клер, 1916, стр. 20, 8.
[9] П. Николаев, 1879, стр. 343; А. Карпинский, 1887, стр. 632 и сл.; 1913, стр. 304; Степанов, 1919, стр. 32.
[10] Фальк, 1786, стр. 56; Георги, 1798 (2), стр. 344.
[11] Зайцев, 1886, стр. 68; 1887, стр. 21, 101.
[12] В. Никитин, 1907 (2), стр. 42. Петровский и Ивановский рудники — стр. 44.
[13] Денисов-Уральский, 1902, стр. 149; Алабашка — стр. 121.
[14] Н. Барбот де Марни, 1861, стр. 402.
[15] Зайцев, 1884, стр. 10; Белянкин, 1910, стр. 98.

нае[1], в слюдистых сланцах около Златоуста[2], по речкам Тесьме[3], в горе между Аем и Второй Каменкой; здесь же он найден в гнейсе в *Кусинской даче*, в верховьях р. Изранды[4].

В *Оренбургской губ.*, в *Верхнеуральском у.*, графит известен в граните около Кулахты[5]. В Сине-Шиханской группе золотых приисков и у прииска Гучковского (бассейн р. Сувундука) встречен графитовый сланец[6]. В *Троицком у.* землистый графит известен близ Кундравинской станицы, около пос. Сарафановского. Включения графита в кварците — в г. Троицке, в Золотой сопке[7]. Около оз. Большого Еланчика графит наблюдался в гранитных породах[8]. Около Черемшанки, в Ильменских горах, описаны сферолитовые выделения графита в гранитах, заключающие внутри ортоклаз, кальцит и т. д. (§ 295)[9]. Известен графит там же в гнейсе около Фирсовой горы[10], в слюдяном сланце Назямской горы[11]. В *Орском у.* среди слюдяных сланцев наблюдаются черные графитовые сланцы[12].

306. В *Сибири* известны многочисленные месторождения графита, в том числе залежи значительных размеров и прекрасного качества. Они едва расследованы.

В *Енисейской губ.*, в *Минусинском у.*, графит указан около дер. Даурской[13]. Мелкие листочки графита наблюдаются в гранатовой породе Алексеевского рудника[14]. В хр. Азыр-Тал, отроге Кузнецкого Ала-Тау, на контакте с гранитом в метаморфизованных известняках (докембрийских) развиваются листочки графита[15].

В *Минусинском окр.* он находится вблизи дер. Ашаровой, встречается в россыпях по р. Кызасу и в значительном количестве по р. Кантигиру[16]. Графитовые сланцы в местности Узун-Тут, на горах между Узунчжулом и Средним Сыром, в древних кристаллических известняках. Практическое значение неясно[17].

В *Енисейском у.* графит встречен по дороге из Кухтинского зимовья на Аяхту. В северной части Енисейской губ., в Норильских горах, найдены кусочки графита[18].

В *Туруханском крае* находятся мощные его залежи, образовавшиеся из каменного угля (см. § 293)[19]. Анализы туруханского графита произвел

---

[1] Щуровский, 1858, стр. 143.

[2] Лисенко, 1837, стр. 393; G. Rose, 1842 (1), стр. 116; Мушкетов, 1877 (1), стр. 326.

[3] «Горн. журн.», 1834, I, стр. 14.

[4] Лисенко, 1837, стр. 396.

[5] Коллекция Московского университета.

[6] Отчет Геол. ком. за 1915 г., IIг, 1916, стр. 57.

[7] Коллекция Академии Наук.

[8] Лисенко, 1837, стр. 394. Открыт Татариновым (1826, стр. 152). См. П. Николаев, 1879, стр. 342; М. Мельников, 1882, стр. 135. Графит хорошего качества, для карандашей. Разрабатывался.

[9] «Горн. журн.», 1834, I, стр. 171; Лисенко, 1837, стр. 395; G. Rose, 1873, стр. 533; М. Мельников, 1882, стр. 88; Вернадский и Шкляревский, 1000, стр. 367.

[10] М. Мельников, 1882, стр. 89.

[11] Нестеровский, 1837, стр. 45.

[12] Антипов и Меглицкий, 1857, стр. 108.

[13] Паллас, 1819, стр. 89.

[14] Пилипенко, 1914, стр. 187.

[15] Чураков, 1916, стр. 20.

[16] Мартьянов, 1881, стр. 46—47.

[17] Эдельштейн, 1917 (1), стр. 194.

[18] Ф. Шмидт, 1869, стр. 120.

[19] Возраст графита Туруханского края определен работами М. Залесского (1912, стр. 19) как пермский (гондванский). См. историю вопроса у С. Обручева

В. Алексеев (1887, стр. 117—119). Графит на р. Курейке, в 160 км от устья, по обоим ее берегам (Туманный, Поднебесный и другие рудники), залегает пластом до 4 м мощности среди графитовых сланцев[1]. Мощные залежи графита, открытые в 1860-х годах, указаны на р. Графитной, притоке р. Таза[2]. На Таймырском носу найдены гальки графита[1].

В бассейне Подкаменной Тунгуски, в долине Енашимо, в кварцевой золотоносной жиле Успенского прииска указаны скопления и включения графитоподобного вещества[3].

В *Южно-Енисейском окр.* найдены примазки графита в кварцевой жиле Козьмодемьянского рудника по р. Рыбной[4]; то же наблюдалось в *Ачинском у.*, в Иоанновском золотом руднике[5].

В мраморовидных кристаллических, иногда доломитизированных известняках графит наблюдался отдельными листочками, а иногда их скоплениями в параллельных полосах, нередко на контакте с гранитными породами, по речкам Кадре, Севагликону[6], Тарче, Белому Юсу и т. д. Окраска известняков нередко обусловлена содержанием графита.

В *Забайкальской обл.*, в *Нерчинском*, *Читинском* и других уездах, находятся многочисленные, большей частью не отмеченные в литературе месторождения графита. Так, графитовый сланец указан около сел. Аркии в низовьях Газимура. Графитовые сланцы развиты здесь на значительном протяжении, около сел. Будюмкана они заключают графит хорошего качества[7]. Известны и другие большие скопления графита, например, пласты графита отмечены среди известняков около Шилкинского завода[8]. По р. Ингоде он указан около дер. Кайдановой[9]. Около сел. Токтой (на р. Куренге) графит встречен в граните[10]. В разных местах древнего гранита в долине р. Унды он наблюдался в виде примазок вместе с магнетитом[11]. В хр. Ногайтуй, около Быркинской станицы, графит, может быть, заслуживает разведки[12]. Графит наблюдался и на побережье Байкала, принадлежащем к Забайкальской обл.,— на Святом Носу, в гнейсах около Сорожьей губы, около мыса Братского, в роговообманковых породах против о-ва Буркана[13].

В *Баргузинском окр.* листочки графита наблюдаются в кристаллических известняках, например около оз. Орона, по р. Ангаджану и др.[14]. Около ст. Могочи Амурской ж. д. (около 9 км от станции), по р. Могоче

(1919, стр. 3). Карта графитовых месторождений края у С. Обручева (1919; 1922, стр. 132). Suess, 1901, стр. 45. Указания на графит по притокам Енисея (кроме Нижней Тунгуски) см. в работе С. Обручева (1919), дающего критический обзор данных (Фатьяниха, Сухая Тунгуска, Малая Бахта). Об этих месторождениях, кроме указаний в § 293, см. еще Латкин, 1892; Ключанский, 1916, стр. 117; Флеров, 1916. Ср. Степанов, 1919.

[1] Степанов, 1919, стр. 44— по указанию А. Семенченко; стр. 45 (Таймырский нос) — по указанию лейт. Гельшерта, участника экспедиции Вилькицкого.

[2] Латкин, 1892, стр. 83.

[3] Ячевский, 1900, стр. 15.

[4] Зайцев, 1892, (1).

[5] Зайцев, 1904 (1), стр. 4.

[6] Ижицкий, 1901, стр. 44; Эдельштейн, 1909, стр. 25.

[7] Гедройц, 1897, стр. 133. Графитовые сланцы относятся к палеозою (там же, стр. 101).

[8] Филев, 1835, стр. 237.

[9] Эйхвальд, 1844, стр. 359.

[10] Озерский, 1867 (1), стр. 85.

[11] Таскин, 1850, стр. 295.

[12] Титов, 1855, стр. 486—487.

[13] Черский, 1886 (1).

[14] Котульский, 1913, стр. 25—34.

(правому притоку Амазара), встречен при шурфовании прослоек графита в графитовом сланце[1]. Есть графит около Иннокентьевского рудника в вершине р. Бугарахи (бассейн Верхней Цыпы)[2]. Указан также у дер. Кайдановой[3].

В *Селенгинской Даурии* графит встречается в кристаллических известняках в виде мельчайших чешуек, очень редко[4]. О графите в кварцевой жиле по Чикою, принимаемом местными жителями за железную руду, упоминает Паллас (1778, стр. 374—375). В. Обручев (1914, стр. 670) ничего не мог указать об этих месторождениях; Бекк (R. Beck, 1901, стр. 391) указывает, что графит найден в местности Нарын в бассейне р. Джиды.

В *Иркутской губ.* графит является одним из обычных минералов, образуя местами скопления материала превосходного качества. Генезис этого графита очень различен. Он распространен во всех месторождениях метаморфических мраморов, тянущихся от Тункинских и Байкальских гор до о-ва Ольхона[5]. Вблизи Байкала в гранитах, гнейсах, известняках, кварцитах, роговообманковых породах графит указан в очень многих местах, главным образом около западной части озера. Так, графит указан по р. Харгой (впадающей в Байкал против ворот Малого Моря)[6]; гнезда его в мраморах известны в разных других местах по Байкалу (Кужуртуйский рудник и др.); на о-ве Ольхоне он обычен в кристаллических известняках, гнездами встречен близ берегов Малого Моря[7], в известняках указан на мысе Алланур (Уланнурский), известен в мраморовидных известняках по р. Слюдянке[8], по р. Талой[9], в известняках описан с речек Даялока и Нам-Желга[7]. Он наблюдался в кристаллических известняках, гнейсах и сиенитах на перевале между Хондой и Джолосом, по р. Большому Балыктаю, притоку р. Балтыргиной, бассейн Оки[10], в известняках по р. Большому Морхою (притоку р. Гутары, бассейн Бирюсы)[7]. Пластинки графита находятся в полевых шпатах гранито-гнейсов по р. Малой Быстрой[11]. Наконец, в Иркутской же губернии лежит знаменитое Алиберовское месторождение в Ботогольском гольце, в Тункинских горах, связанное с магматическими процессами, о котором говорилось раньше[12]. Около с. Голуметского у р. Ирети блестки графита изредка наблюдаются в песчаниках[13]. Графит указан еще около Верхоленска[14] по р. Куту

---

[1] Степанов, 1919, стр. 50. По Я. Макерову.
[2] Лопатин, 1895, стр. 269.
[3] Эйхвальд, 1844, стр. 359.
[4] В. Обручев, 1914, стр. 531, № 46а.
[5] Меглицкий, 1855, стр. 38; Черский, 1886 (1), стр. 12. Особенно см. его карту. О месторождениях Прибайкалья см. «Каталог геол. колл. Иркутского музея», 1911, стр. 29, 38. О графитовых известняках Ольховки см. В. Обручев, 1890, стр. 450 и сл. О графите около Усть-Кута см. Коварский, 1893, стр. 488.
[6] Ижицкий, 1898, стр. 126, 150.
[7] Реутовский, 1905 (2), стр. 174, 176.
[8] Меглицкий, 1855, стр. 61; 1856, стр. 154.
[9] Коллекция Томского университета. По указанию П. Пилипенко.
[10] Ижицкий, 1899, стр. 20—22.
[11] Драверт, 1904, стр. 8.
[12] Сверх литературы, указанной в § 295, см. еще: Кокшаров, 1862, стр. 499; Пузыревский, 1858, стр. 159; Mène, 1867, стр. 1092 (анализ); Заварицкий, 1908, стр. 295; Семенов, Черский и Петц, 1894, стр. 257 и сл.; Dumas, 1864, стр. 129.
[13] Чекановский, 1874, стр. 202.
[14] Каталог Седакова. См. статью Потта, 1842, стр. CLII.

(притоку р. Лены)[1]. В дистене по р. Маме (в 20 км от устья) наблюдаются включения пластинок графита[2].

В *Приморской обл.*, на Чукотском полуострове, графит давно известен в известняке около залива св. Лаврентия[3]. Графитовый гнейс развит около горы Телгахар близ того же залива. Здесь встречаются линзы графита[4]. Около мыса Литке попадаются его гальки[5]. Указан в разных местах близ Берингова пролива, например, графит превосходного качества близ с. Паутын[6], Восточного мыса[7] и т. д. В *Охотском у.* графит указан у мыса Иретского и др.[8]. В Гижигинском районе гнезда графита известны около устья р. Тополевки[9]. Графит наблюдается в *Петропавловском окр.* по р. Воровской[9].

В *Амурской обл.* у контактов фельзит-порфира и фельзита с углистыми породами углистое вещество перешло в графит; графит находится в самом фельзите за ст. Ковали на 625 км Западно-Амурской ж. д., около ст. Урюм[10]. Ниже пос. Казакевича на Амуре среди песчаников и глинистых сланцев залегает несколько прослоек графитовых сланцев, некоторые до 0,5 м мощности[11]. По Амуру, ниже устья р. Кумары[12], в связи с гранитом в метаморфических сланцах тоже встречен графит; он произошел из лигнита[13].

Прослои юрских графитовых сланцев и графита на контакте с гранитом отмечены по р. Бурее, в 4—5 км ниже устья р. Тастаха; этот графит произошел из лигнита[14]. Ниже Малмалты на р. Бурее графит находится в толстой кальцитовой жиле, богатой прожилками роговой обманки и пересекающей гранит[15]. Близ станицы Поликарповской (в Буреинском хребте) на Амуре графит встречен в крупнокристаллическом известняке[16]. На правом берегу Буреи, ниже устья р. Тырмы,— в контакте с известняками и гранитом. Мощность прослоек графита не больше 20 см[17].

В восточном конце Хинганского хребта, начиная от Катерино-Никольской станицы, находятся пласты известняков с графитом среди слюдистых и хлоритовых сланцев. Местами попадаются слои графита среди графито-слюдистых сланцев; графит образовался из каменного угля. Аналогичное явление наблюдается в обрывах около Улусомадона[18].

В отрогах Малого Хингана у Амурской ж. д. графито-слюдисто-кварцевые сланцы начинают появляться в долине р. Кимкана (бассейн

---

[1] Коллекция Томского университета. По указанию П. Пилиценко.
[2] Коллекция Московского университета.
[3] Шамиссо, 1823, стр. 350; Энгельгардт, 1823, стр. 391, 399; Литке, 1836, стр. 25.
[4] Корзухин, 1906, стр. 380; 1907, стр. 67; Тульчинский, 1906, стр. 544.
[5] Богданович, 1901 (2), стр. 136.
[6] Коллекция Академии Наук. См. Оводенко, 1913.
[7] Ресин, 1888, стр. 129.
[8] Оводенко, 1913, стр. 126.
[9] Слюнин, 1900, стр. 121, 127, 197.
[10] Львов, 1913, стр. 149.
[11] Яворовский и Анерт, 1913, стр. 129.
[12] Ф. Шмидт, 1868, стр. 14, 16.
[13] Около ст. Помпеевки на Амуре найдены куски черного сланца, заключающие графит (Аносов, 1865 (1), стр. 62).
[14] Хлапонин, 1906 (1), стр. 9; 1907, стр. 31.
[15] Ф. Шмидт, 1868, стр. 57; Анерт, 1907, стр. 133.
[16] Ф. Шмидт, 1868, стр. 14, 16.
[17] Анерт, 1907, прот., стр. 133; Яворовский и Анерт, 1913, стр. 130; Ф. Шмидт, 1868, стр. 67.
[18] Ф. Шмидт, 1860, стр. 216.

Большой Биры)[1]. Они развиты на большом протяжении в области метаморфических сланцев. Местами есть обогащение графитом, например, около 33 пикета (III дистанция), где встречаются карманы, заполненные чистым графитом. Здесь же недалеко — выход известняков, содержащих графит[2]. Это, очевидно, включения. Они заслуживают внимания. Шток графита известен на р. Амуре, в 8—9 км от станицы Союзной (в Малом Хингане), среди слюдистых сланцеватых песчаников[3]. Он наблюдался в бассейне р. Большой Биры, на перевале из долины р. Большой Таи (Каменушки) к р. Амсаяр. Более бедные графитовые сланцы — в горах Ульдура.

В *Зейском золотоносном районе* графит наблюдается нередко в явно метаморфизованных осадочных породах, в кварцитовых гнейсах (водораздел Могоча-Дамбуки, по Амуру и т. д.). Местами эти породы переходят в графитовый гнейс (например, по Гилюю): кое-где графит образует в них неправильные прослойки и стяжения[4]. Встречается в кремнистых и кремнисто-глинистых сланцах по р. Зее ниже Малого Чукана[5]. По р. Джелтуле (левый приток Гилюя) среди гнейсов наблюдался неправильный прослоек графитового сланца с 18% графита[6].

В *Южно-Уссурийском крае, Приморской обл.*, плотный некристаллический графит (графитит) известен в кристаллических породах в бухте Седими, в Амурском заливе[7]. Графитовый сланец развит в 11 км от бухты Валентина. Кроме того, на юго-восток от ст. Графской[8]. В виде дендритов графит встречен в кристаллических породах на островах Римского-Корсакова, в заливе Петра Великого. Известен в виде кристаллических кусков на Большом Хингане[9].

В *Томской губ.* графит известен в *Мариинском у.*, в крупнокристаллическом известняке на дне Владимирского золотого прииска (§ 159), в бассейне рек Малого и Среднего Кельбесов и по р. Золотому Китату[10]. Мелкие листочки графита наблюдаются в известняках, например, на горе Камешок, около дер. Новиковой у р. Бии[11]. (Бийский у.?). В *Западном Алтае* (в *Змеиногорском у.*) графит наблюдался: 1) в Мокром логу, в 4,5 км к северу от ст. Пьяноярской (по правому берегу Иртыша), 2) около Верхне-Ульбинского форпоста и 3) по обоим берегам Иртыша, около ст. Бухтарминской. В этих месторождениях графит является составной частью метаморфических пород[12]. По правому берегу Большого Тигерека графит встречается в виде пластинок в мраморе. В *Кузнецком у.* он указан в известняках *Соболиных гор* (между реками Кынзасом и Ортоном), частью в связи с контактом массивных пород[13].

В *Якутской обл.*, в *Колымском окр.*, встречен как сплошной графит,

---

[1] Константов, 1915, стр. 55 и сл
[2] Константов, 1915, стр. 67—68, 110; Шперк, 1885, стр. 142.
[3] Бацевич, 1897, стр. 10.
[4] Яворовский, 1900 (1), стр. 22; 1901, стр. 15—16; 1902, стр. 87, 101. М. Иванов, 1902, стр. 159.
[5] Анерт, 1912, стр. 160.
[6] Яворовский и Анерт, 1913, стр. 130. Ср. М. Иванов, 1902, стр. 159.
[7] Оссендовский, 1905, стр. 262.
[8] Степанов, 1919, стр. 54.
[9] Графит указан в виде включений в так называемом «самородном чугуне» (§ 39) с о. Русского. Иностранцев, 1907 (1), стр. 46.
[10] Зайцев, 1893 (1), стр. 226; 1910, стр. 46, 53—54.
[11] Поленов, 1915, стр. 348.
[12] Пилипенко, 1915, стр. 318 (литература).
[13] Щуровский, 1846, стр. 157—158.

так и включения его в известняке[1]. В Якутской обл. графит наблюдается по пади Найденке, впадающей в р. Моклакан (бассейн Олекмы)[2]. По р. Вече (притоку р. Витима), при устье р. Ныгри, прослойки плохого графита находятся в метаморфизованном глинистом сланце[3]. В колчеданобурошпатовых песчаниках, развитых по р. Бодайбо, обычно встречается «углистое» вещество, может быть графитовое[4].

307. Небольшие месторождения графита известны в *Степных областях* и в *Туркестане*.

В *Семипалатинской обл.*, по р. Иртышу, на границе с Томской губ., у станицы Пьяноярской, развит графитовый сланец[5]. Графит встречается в виде включений, величиной с грецкий орех, в граните в 22 км к юго-западу от станицы Белокаменной по Иртышу[6]. Графит в верховьях р. Куянды-Булак, около 3 км от уроч. Кемир-Каин, залегает среди гранитов. Судя по описанию, может быть, серьезное месторождение[7]. В *Зайсанском у.*, в уроч. Чарыковском, графит указан по р. Кара-Су, притоку Кокпекты. Другое его месторождение известно в глинистом сланце около уроч. Айгал-Джал (220 км от Кокпектов) в так называемом Михайловском руднике[8]. В *Каркаралинском у.*, в уроч. Ак-Биик (170 км к юго-западу от Каркаралинска), графит указан в руднике Яковлевском[9].

В *Семиреченской обл.*, в *Джаркентском у.*, в водоразделе хр. Кетмен, среди туффитов, сланцев и микропорфиритов — графитовые сланцы, местами сплошной графит, могущий иметь практическое значение[10]. В *Лепсинском у.* открытый в 1855 г. Мамонтовым Иоанновский рудник вновь начал обрабатываться и описан Полевым (1913, стр. 242). Месторождение находится на юг от Аягуза недалеко от горы Игыд-Кизыла (Эгиз-Кизыла)[11]. Известны месторождения на юг от гранитного массива Агджайляу — Кизыл-Таса, в горах Коке-Тау и в гряде Балтатарак. Месторождение Коке-Тау (к северо-востоку от гранитов Джаман-Таса) упоминается Татариновым. «Аморфный» графит лежит пластом среди метаморфической свиты кварцево-слюдяных сланцев и кварцитов, лежащих узкой полосой среди массивных гранитов мощностью 13—17 м. Каменные угли Аягуза «графитисты» и иногда напоминают шунгит[12]. Месторождение на юго-восток от Сергиопольской станицы Полевым не указано[13].

В *Пржевальском у.* графит известен по р. Теректы в 10 км от ст. Джиларык[14], в уроч. Сары-Булак, по тракту в Нарын[15].

В *Самаркандской обл.*, в *Самаркандском у.*, в 20 км на юг от Самарканда, близ кишлака Кипакуль, у подошвы хр. Кара-Тюбе, наблюдались жилы графита в кристаллическом известняке[16]. В пустотах графита встре-

[1] Драверт, 1910 (1), стр. 5.
[2] «Изв. Геол. ком.», 1914, стр. 141.
[3] Кропоткин, 1873, стр. 293.
[4] В. Обручев, 1910.
[5] Богданов, 1882, стр. 106.
[6] Степанов, 1919, стр. 39.
[7] Нечаев, 1915, стр. 483.
[8] Габриэль, 1868, стр. 457.
[9] Реутовский, 1905 (2), стр. 172.
[10] Вебер, 1917, стр. 77.
[11] «Горн. журн.», 1858, II стр. 186; Р. Герман, 1858, стр. 530; Татаринов, 1865, стр. 473.
[12] Полевой, 1913, стр. 242; о развитии тут же графитистых сланцев, см. стр. 214.
[13] Степанов, 1919, стр. 38.
[14] Вебер, 1913, стр. 185.
[15] Тейх, 1897, стр. 194.
[16] Вебер, 1913, стр. 137.

чены жеоды кальцита. Известняк пересечен жилами гранита. В 5 км на запад отсюда, в кишлаке Сазаган, известны примазки и прослойки в известняке мягкого графита и глины, богатой графитом. Здесь же встречены выходы гранита с прожилками графита[1]. В *Джизакском у.* графит, в значительном количестве указан в Нуратинских горах[2].

В Самаркандской обл. графит наблюдается в мраморах по р. Дгани-Тагоб[3] и в выделениях натролита из нефелиновых пород с р. Тагобы-Собак, где он бывает окружен зеленой слюдой[3].

В *Сыр-Дарьинской обл.*, в *Ташкентском у.*, графит найден в долине р. Чаткал (Чирчик?), между реками Ак-Булак и Майдан-Тал. По анализу, в нем до 89,5% углерода[4].

В *Тургайской обл.*, в *Кустанайском у.*, южнее Владимирского поселка, в каменноугольных отложениях по р. Камышлы-Аяту (карта — Камысты-Аяту), есть графит, происшедший из каменного угля[5].

В *Ферганской обл.* признаки палеозойского угля, «скорее графита», известны около Чакмана, в ущелье Киргиштак, прослойки и линзы в глинистых сланцах[6].

В *Маргеланском у.*, по р. Кичик-Алай около устья р. Талды-Кол, указаны «пласты графита». В 1,5—2 км от устья Топан-Сай (бассейн Испайрана) наблюдаются жилы графита на контакте гранита и мрамора[7].

В *Кокандском у.*, в местности Арча-Курук, над долиной Арчады (бассейн р. Сыр-Дарьи), наблюдаются линзообразные жилы графита в графитовом сланце (?) на контакте гранита и мрамора[7]. В верховьях Дугмана, вверх от конца ледника Райгородского, наблюдаются прослойки и гнезда графита в метаморфическом известняке[8]. В бассейне р. Джиптык (Киндык), над ледником Щуровского, наблюдаются небольшие прослойки в гнейсах и гранито-гнейсах[7]. В горах Кара-Тау (27 км к югу от ст. Мельниково) имеются указания на нахождение графита[9].

В *Бухаре*, повидимому, есть месторождения графита, ближе не известные[10].

308. В *Финляндии* графит встречается довольно часто, но нигде не образует значительных скоплений.

В *Або-Бьернеборгской губ.* графит давно известен в кристаллах на о-ве Олё, около Паргаса (§ 296). Другие месторождения графита лежат в окр. Кийкала, в гнейсе горы Иритемеки[11], Пераис в окр. Кимито[12].

В *Вазаской губ.*, в приходе Сторкюро, в руднике Виттинге, графит находится в кварце с магнетитом[13].

---

[1] В. Обручев, 1889, стр. 60 и сл. По указанию В. Вебера, другое месторождение землистого графита находится вблизи кишлака Кипакуль, в 60 м от селения.

[2] Эйхвальд, 1844, стр. 359: «в Бухарии, в горах Нурата». Есть указание Никольского (1866) на графит недалеко от Джизака (Северцов, 1873, стр. 106). По указанию В. Вебера, это, вероятно, «Змеиные Ворота» в хр. Нура-Тау, где выходит девонский каменный уголь.

[3] И. Преображенский, 1911, стр. 295, 321.

[4] Тейх, 1897, стр. 194.

[5] Д. Соколов, 1918, стр. 28.

[6] «Изв. Геол. ком.», 30, 1911, стр. 840—841.

[7] Вебер, 1913, стр. 112, 124, 125.

[8] Вебер, 1917, стр. 46.

[9] Коллекция Академии Наук.

[10] Бутенев, 1842, стр. 147.

[11] Д. Соколов, 1839, стр. 110; Holmberg, 1857 (2), стр. 33.

[12] Коллекция Гельсингфорсского университета. По указанию проф. Боргстрёма.

[13] Планер, 1868 (рукопись, хранящаяся в библиотеке СПб. Минералогического общества).

В *Выборгской губ.*, в *Сердобольском у.*, графит наблюдался в разных местах в окр. Импилакс, в окрестностях Питкаранты, например, плотными массами в роговообманковом сланце в руднике Шварца, в разрушенном пегматите с каолином, в тонко раздробленном состоянии в скарне (Нуолиниеми), в сланцах (Хауккасельга)[1]. Он найден и в других местах, например в гнейсах, иногда богатых роговой обманкой, около Сердоболя (близ Киммимегги и др.)[2]. На о-ве Пузун-Сари сосредоточен в графитовом сланце, где когда-то разрабатывался[2]; гексагональные пластинки графита наблюдались на западном берегу озера во включениях кристаллического известняка[3]; графитовый сланец известен около Якимваары на западном берегу Ладожского озера[4]; графит известен на п-ове Суваплакс, около устья Суванйоки[5]. Около Большой Сарги (Аласарги) графит встречен в кварцевых прожилках в зеленокаменной породе[6]. Кристаллики графита (гексагональные пластинки) наблюдаются в крупнозернистых известняках в Ихалайси, около Вильманстранда, может быть в связи с выходами гранитных пород.

В *Куопиоской губ*[7]., около Карттулы[8], в приходе Леппявирта, около Козоне, Люстерин и Парконэ[8]. Прожилки графита в кварце указаны в 32 км от ст. Олкалы[9].

В *Сен-Михельской губ.*, в окр. Мэнтихарью, около Карангамяки[10], в окр. Сееминки — около Нейшлота[10] и на о-ве Тальвисаари, в окр. Керимяки — на горе Ренкеваара[10], около Пихьялакс[8], около Мустасаари[11], около Иоакалакс[8] в окр. Ристиина. В коллекцию Академии Наук доставлены очень любопытные образцы графита, найденные около оз. Перувези. Графит перекристаллизован в связи с выходом гранита и пегматита. Есть графитовый сланец.

В *Нюландской губ.* графит указан в окр. Ментсела, в руднике Фругорд, в известняке в виде гексагональных пластинок[12], в окр. Сиббо, в каменоломне Мортенсби[12] — в розовом кварце в окрестностях Эрикнеса[13], в окр. Кирклетт около Поркалы[14]; около Гельсингфорса близ Тургольма[13].

В *Тавастгусской губ.* графит найден в окр. Хаухо, около дер. Куккола[15],

---

[1] Д. Соколов, 1838, стр. 110; Trüstedt, 1907, стр. 325. О Питкаранте см. Боданович, 1912, стр. 272.

[2] Севергин, 1805, стр. 61, 126; Фурман, 1812, стр. 72; 1828, стр. 25; Влангали, 1856, стр. 153; Пузыревский, 1866, стр. 168. Анализ в «Горн. журн.», 1856, IV, стр. 143; Миклашевский, 1881, стр. 351.

[3] Гадолин, 1858, стр. 75.

[4] Пузыревский, 1866, стр. 337.

[5] Holmberg, 1857 (2), стр. 24.

[6] Фурман, 1812, стр. 79; 1828, стр. 31 (в валунах); Соболевский, 1839.

[7] Соболевский, 1839; Holmberg, 1857 (2). стр. 24.

[8] Коллекция Академии Наук. Доставлен Менетриэ. Некоторые месторождения были известны Планеру (1868). См. Миклашевский, 1881, стр. 356; Скальковский, 1867, стр. 23.

[9] Планер, 1868.

[10] Holmberg, 1857 (2), стр. 50—51; Севергин, 1798 (2), стр. 298; Скальковский, 1867, стр. 21.

[11] Wiik, 1888, стр. 8.

[12] Holmberg, 1857 (2), стр. 20, 22.

[13] Планер, 1868.

[14] Wiik, 1888, стр. 8.

[15] Соболевский, 1839, стр. 359; Holmberg, 1857 (2), стр. 24.

в окр. Оривези, около дер. Ярвенпээ[1], в окр. Кальвола — в квасцовом сланце[2].

В *Улеаборгской губ.* сплошной графит указан около оз. Пизаро[3], в окр. Куусамо; около оз. Суинкиярви (на п-ове Сомериньеми); куски выбрасываются водой[4]. Очень обычен графит в богатом слюдой и дистеном гранулите около Луттойоки, Ивало, Пальсиноя и т. д.[5], в гранулитах около Толосьоки[6]. Мелкие листочки графита наблюдаются в кристаллических известняках на границе со Швецией (между приходами Вимпали и Алаярви) на восток от оз. Лаппаярви[7].

309. Шунгит в России. Совершенно не обработаны и не отмечены месторождения шунгита в России. Несомненно, они очень многочисленны. Часть шунгита относят к антрацитам. Нахождение его в ничтожных количествах обычно описывается под названием углистых или битуминозных частиц или совершенно опускается. Поэтому указываемые здесь месторождения ничтожны по сравнению с действительным его распространением.

В *Европейской России* можно отметить месторождение шунгита в Шунге и Толвуе *Олонецкой губ.* (§ 292).

На *Кавказе* в *Эриванской губ.*, *Нахичеванском у.*, между дер. Куйнюк и Каган, включения лигнита в мергеле на границе с трахитом превратились в «коксообразную массу»[8].

В *Семипалатинской обл.*, в *Лепсинском у.*, каменные угли по Аягузу графитисты и иногда напоминают шунгит[9].

В *Сибири* он указан в виде кокса. Во время каменноугольных пожаров, происшедших ли по вине человека или под влиянием естественных причин, некоторые угли дали залежи естественного кокса. Такой кокс наблюдается в разных местностях России, но, к сожалению, обычно не указывается. Так, например, он известен на *Сахалине*, около Дуэ[10] и в *Томской губ.*, в *Кузнецком окр.* в Кемеровском месторождении[11], в *Мариинском окр.* по р. Поперешне[12].

В *Южно-Уссурийском крае*, в Сучанском месторождении, каменный уголь на контакте с диабазами превращен в кокс (штольня № 1. Южно-Уссур. эксп.)[13].

В *Финляндии*, в *Тавастгусской губ.*, около оз. Несиерви, в Куониеми, указаны включения «графитоида» в метаморфизованных породах[14].

---

[1] Holmberg, 1857 (2), стр. 39.
[2] Wiik, 1888, стр. 8.
[3] Планер, 1868.
[4] Holmberg, 1857 (2), стр. 47.
[5] Jernström, 1874, стр. 45—64.
[6] Fircks, 1906 (2), стр. 16.
[7] Mäkkinen, 1916, стр. 19.
[8] Цулукидзе, Халатов и Архипов, 1868, стр. 14.
[9] Полевой, 1913, стр. 242.
[10] Лопатин, 1864, стр. 158.
[11] Коллекция Академии Наук. Доставлен В. Мамонтовым. Об этом месторождении В. Мамонтов дает следующие указания: «Кокс с 13-й сажени квершлага № 2 на Волковский пласт Кемеровского месторождения каменного угля на правом берегу реки Томи, Томской губернии, Кузнецкого уезда, Верхотомской волости. Квершлаг № 2 был задан с 70-й сажени от берега реки Томи из разведочной штольни на 21-й сажени от поверхности земли и здесь был обнаружен грандиозный пожар на мощном ($5^1/_2$ саж.) Волковском пласту угля, причем часть угля обратилась в кокс».
[12] Яворовский, 1898, стр. 50.
[13] Малявкин, 1910, стр. 436—437.
[14] Sederholm, 1898.

В *Выборгской губ.*, в ятульских аргиллитах, связанных с кварцитами, около оз. Суоярви и Туламаярви шунгит дает местами слои до 2 м мощностью[1].

310. Определение. Диагноз разностей природного углерода довольно затруднителен; в их различении много условного.

Алмаз бесцветен (иногда слегка окрашен), прозрачен, нередко встречается в кристаллах кубической системы (§ 277), с закругленными гранями. Сильный алмазный блеск, иногда жирный. Черта пепельно-серая. Совершенная спайность по {111}. Уд. вес 3,5. Хрупок. Твердость 10. Чертит корунд и им не чертится.

Отличие борта от алмаза основывается главным образом на окраске, которая временами становится черной, и борт тогда принимает почти металлический блеск. Он, повидимому, часто тверже обычного алмаза. Удельный вес иногда меньше 3,5[2].

Карбонадо — непрозрачен, очень тверд (больше 10), черного цвета. Ясной спайности нет. Уд. вес 3,0—3,2. На краях перед паяльной трубкой оплавляется. В KNO_3 растворяется, подобно графиту. В отличие от алмаза, не флюоресцирует в лучах полония[3].

В кислороде алмаз и борт воспламеняются при 800—875°[4] (для карбонадо определений нет). Не плавятся и не изменяются перед паяльной трубкой. Кислоты на них не действуют. Порошок алмаза с $K_2Cr_2O_7$ и H_2SO_4 при нагревании окисляется.

Графит, графитит и шунгит черного цвета, непрозрачны. Графитит никогда не дает заметных глазу кристаллов (§ 280). Кристаллы графита полуметаллического блеска. Черта черная, для графита блестящая, для графитита матовая. Кристаллы графита обладают совершенной спайностью по {0001}. Гибки. Твердость 1—2. Уд. вес графита 2,2—2,4. Уд. вес графитита ниже: 1,8—2,2.

Шунгит[5] имеет твердость 3,5 — 4. Уд. вес 1,8—1,9 (сухой — 2). Полуметаллический блеск в сплошных массах. Цвет черты серый. Очень гигроскопичен (до 110° выделяет около 7—8,5% H_2O, в среднем около 7,8%).

Графит, графитит и шунгит неплавки, трудно сгорают перед паяльной трубкой, подобно карбонадо. При сплавлении с KNO_3 на платиновой пластинке все дают K_2CO_3 (отличие от алмаза), и сплав при действии кислот выделяет CO_2. Графит и графитит при действии хромовой смеси ($K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$) или других сильных окислителей (1 ч. HNO_3 + 4 ч. H_2SO_4, $H_2SO_4 + KClO_3$) дают нерастворимый светло-желтый кристаллический осадок, так называемую графитовую кислоту, нерастворимую в воде. Графитовая кислота при нагревании дает вспышку и выделяет большое количество черного вещества («перекись графита»). Для получения графитовой кислоты графит нагревается с H_2SO_4 до 60° и в теплую смесь вносится небольшими порциями $KClO_3$ (соответственно — $K_2Cr_2O_7$ или HNO_3)[6]. Иногда реакция не идет до конца, а образуется

---

[1] По указанию Седергольма (Sederholm, 1911, карта 3, стр. 8).

[2] Может быть, характерны полосы поглощения, наблюдавшиеся Вальтером (B. Walter, 1891, стр. 508). Наиболее характерные лежат около $\lambda=415,5$ (между *G* и *H*), 471 и в фиолетовой и ультрафиолетовой части и свойственны только некоторым бортам (желтоокрашенным алмазам). Вопрос заслуживает исследования.

[3] Rosenheim, 1902, стр. 247.

[4] Moissan, 1902, стр. 928.

[5] Иностранцев, 1879, стр. 317 и сл. (указаны и другие физические свойства).

[6] Реакция впервые дана Броди см. Brodie, 1860, стр. 6; Лисенко, 1879 (1), стр. 34; Luzi, 1891 (2) — здесь литература.

«графит Броди», способный при нагревании вспучиваться в червеобразные образования. Это вспучивание показывают все явно кристаллические (пластинчатые) графиты, смоченные на платиновой пластинке дымящейся азотной кислотой и быстро нагретые. Причина образования таких своеобразных форм распадения кристаллических сростков графита не вполне выяснена, но, повидимому, тесно связана с явлениями скольжения и спайности под влиянием поверхностного натяжения и, может быть, химического изменения графита[1]. Эта реакция никогда не наблюдается в графititах, но ее дают и не все графиты. Шунгит никогда не дает этих образований и в то же время при действии хромовой смеси или сильных окислителей (см. выше) нацело растворяется в темнобурую жидкость, при охлаждении даст осадок, растворимый в кипящей воде[2]. Резкой границы между графитом и графititом провести нельзя, но по всем своим реакциям графитит занимает промежуточное положение между графитом и шунгитом. В кислороде графит воспламеняется при 650—700°, а шунгит при 300—500°[3].

---

[1] Об этих образованиях см. Schäfhautl, 1840, стр. 155; Brodie, 1860, стр. 6; Н. Федоров, 1868, стр. 79; Luzi, 1891 (2), стр. 245, 257; Weinschenck, 1897 (2), стр. 293; Moissan, 1895, стр. 17; 1896 (1), стр. 308; Ячевский, 1899 (1), стр. 34.

[2] Иностранцев, 1879, стр. 317.

[3] Moissan, 1902, стр. 928.

ГАЗООБРАЗНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ[1]

311. Общие замечания. Небольшая группа газообразных элементов играет в земной коре огромную роль. Благодаря своей подвижности газы являются в ней наиболее энергичными химическими деятелями.

Благодаря той же подвижности они собираются в единое целое, в атмосферу, в совершенстве смешиваются друг с другом. Этим они резко отличаются по морфологическим признакам своего нахождения от всех других минералов.

Может быть этим в значительной мере вызвано крайне неполное представление наше о газовом обмене земной коры, о ее газовом составе. Ибо в настоящее время трудно даже дать список всех газообразных продуктов земной коры и еще труднее представить себе их историю.

Изучение природных газов не вошло в рамки ни одной из научных дисциплин, на которые разбилось естествознание в XIX столетии. Казалось бы, скорее всего можно было ждать включения его в геологию, минералогию или геофизику. Достаточно, однако, взять любую, самую точную и подробную сводку наших знаний в этих отраслях естествознания, чтобы убедиться, что газы не являются объектом изучения ни одной из этих наук. Даже в метеорологии и климатологии, в учении об атмосфере мы напрасно стали бы искать полных и точных сводок о химических явлениях и даже о химическом составе газообразных продуктов земной коры. В минералогию они входили в первые десятилетия XIX столетия, но мало-помалу и в этой отрасли знания они перестали быть предметом изучения.

В настоящее время нет никакого сомнения, что они должны являться объектом изучения минералогии. Ибо они ничем не отличаются в своем происхождении от обычно изучаемых в ней природных жидких или твердых продуктов, являются компонентами тех же самых химических реакций, которые вызывают образование минералов и изучаются в минералогии. Больше того, нельзя научно изучать эти процессы, если оставить без внимания входящие в них газообразные минералы. Выключение природных газов из минералогии явилось случайным следствием исторического развития минералогии, того преобладающего внимания, какое уделяли минералоги первой половины XIX столетия кристаллографии и систематизации минералогических собраний. В увлечении этими сторонами научной работы были упущены из внимания не менее важные вопросы химии земной коры, и в том числе остались вне области научной работы тесно связанные с ней природные газы.

[1] [Многочисленные исследования последнего времени значительно изменили наши представления о газообразных элементах, особенно о радиоактивных, гелии, водороде. Тем не менее, эта глава представляет большой исторический интерес.]

312. Однако, помимо такого исторически случайного явления, тесно связанного с развитием человеческой мысли, в самых свойствах газообразных элементов есть особенности, затрудняющие их изучение в природных условиях. Особенности эти тесно связаны с их физическими свойствами, ограничивающими их индивидуализацию в природе. В то самое время как твердые природные тела, особенно кристаллические, долгое время являвшиеся преимущественным объектом минералогии, могут быть чрезвычайно легко выделены и изучены в чистом виде, — это очень трудно сделать для газов. Правда, исторический ход развития минералогии привел нас и для твердых минералов к изучению оставленных было вначале коллоидальных продуктов или физических смесей, индивидуализация которых затруднительна или не всегда возможна. Но явление это выражено еще резче для газов.

В земной коре мы имеем дело всегда с газовыми смесями. Отделить изучаемый газ от его спутников нередко можно только в лаборатории. Между тем изучать природные газовые смеси как нечто индивидуализированное не является удобным, ибо свойства этих газовых смесей меняются в каждом частном случае.

Гораздо удобнее изучать отдельные, входящие в смесь газы как особые природные продукты, как отдельные минералы. Ибо по ним мы легко восстановим все свойства газовой смеси, так как свойства газов известны нам лучше свойств жидкостей и даже кристаллов. Природные смеси газов лучше, чем всякие лабораторные опыты, дают нам яркую иллюстрацию полноты объяснения газовых свойств кинетическими представлениями об их структуре. И в нашем изложении мы можем спокойно основываться на этих представлениях, не сталкиваясь с противоречиями или неясностями в природных явлениях.

313. Форма нахождения газов в земной коре. Газы наблюдаются в земной коре в разных формах местонахождения. Во-первых, они собираются в атмосфере, в газовой оболочке земной коры. Другая часть их образует скопления и сгущения в литосфере, причем иногда собирается в большей частью мелких замкнутых порах[1] или сгущается в твердых и жидких телах. В-третьих, газы выделяются под давлением в виде струй или вихрей. Благодаря существованию атмосферы некоторые газы не могут никогда скопляться или собираться в свободном состоянии, не дают ни струй, ни пор; они немедленно растворяются в окружающей газовой среде, образуя так называемые газовые испарения. Наконец, в-пятых, они растворены в природных, как жидких, так и твердых, минералах, образуя жидкие и твердые растворы газов[2].

Между всеми этими формами нахождения газов есть постоянный обмен. При соприкосновении с атмосферой газы газовых струй выделяются в нее и смешиваются с атмосферой; газы жидких растворов находятся в постоянном обмене с атмосферой в зависимости от парциального давления: они то поглощаются из нее природными жидкостями (водой, нефтью), то выделяются в нее. Точно так же в постоянном обмене с атмосферой находятся и газовые скопления и сгущения; при истирании, разложении, растворении, расплавлении содержащих их пород они выделяются в атмосферу, попадают в воду или магму. То же самое имеет место и при испарении природных жидкостей, в которых растворены газы. При уменьшении давления

[1] По Мартелю (Martel, 1908, стр. 255), замкнутые газовые жеоды не встречены при спелеологических исследованиях.

[2] Вернадский, 1912 (1), стр. 141.

слоев газы пород, богатых сгущениями и скоплениями, выходят в виде газовых струй в атмосферу. Связь с атмосферой газовых испарений очевидна.

314. Морфологически эти различные типы нахождения газов в природе отнюдь не идентичны. Нет надобности останавливаться на различии между свободными выделениями газов и их твердыми или жидкими растворами. Различие между ними резко бросается в глаза.

Можно было бы даже не рассматривать газовые растворы в группе газообразных минералов, если бы не особенности строения газов. Как известно, благодаря своей подвижности газы из газовых или твердых растворов будут выделяться в окружающее пространство в зависимости от отвечающего им парциального давления этого пространства. Поэтому каждый раствор газа — в жидкости или в твердом теле — является источником, выделяющим газ в свободном состоянии; он окружен — большей или меньшей — газовой оболочкой соответственного состава.

Однако здесь необходимо сделать некоторые ограничения, связанные с морфологическими особенностями нахождения газов в природе, с которыми нам придется считаться и дальше. Нельзя прилагать без больших поправок представления о свойствах газов, касающиеся их больших объемов, к их микроскопически мелким скоплениям. Здесь еще больше, чем в химических реакциях, приходится считаться с молекулярными свойствами состояний материи.

В различии свойств газов, собирающихся в больших и малых объемах, сказываются как свойства самих газов (газовой оболочки), так и свойства жидкостей или твердых тел, в которых они находятся.

Оставляя пока без внимания свойства газовых оболочек мелких скоплений газов, повидимому, не играющие крупной роли в природных газовых растворах, нельзя не остановиться на молекулярных свойствах включающих их жидкостей и твердых тел.

Выделение газов из газовых растворов зависит не только от парциального давления окружающей их газовой среды. Оно тесно связано с тем сопротивлением, какое оказывает жидкость или твердое тело их выходу. Это сопротивление зависит как от химической связи при образовании газового раствора, так и от давления, какое оказывает поверхностный слой жидкости или твердого тела на его внутренние части.

Не касаясь здесь чисто физических вопросов, связанных с влиянием поверхностного слоя на парциальное давление растворенных в жидкости или в твердом теле газов, необходимо лишь иметь в виду, что это влияние быстро растет при уменьшении массы жидкого или твердого раствора. Для мельчайших капель жидкости и для довольно больших крупинок твердого тела оно легко достигает таких размеров, что газовая оболочка вокруг таких растворов заметно не образуется. Поверхностная пленка жидкости или твердого тела как бы совсем уединяет газ от соприкосновения с атмосферой.

Однако при неизменно происходящем в природе механическом или химическом разрушении жидких и твердых растворов газов газы в конце концов все же неизбежно выделяются в свободном состоянии даже из мельчайших тел — хотя бы на некоторое время.

Поэтому форма нахождения в природе жидких и твердых растворов газов должна быть отнесена к газообразным минералам, так как она в конце концов всегда ведет к выделению в свободном состоянии включенных в нее газов.

315. Обращаясь к большим скоплениям газов — к земной атмосфере, мы встречаемся в ней с проявлениями физических свойств уже не

твердой или жидкой, а газообразной материи, ставящей в минералогии любопытные, едва намеченные задачи.

Исходя из представления о газах как о собрании быстро движущихся частиц, можно ждать: 1) что газы будут постепенно уходить из атмосферы и 2) что скорость движения газовых частиц различной массы будет неодинакова.

Обращаясь к вопросу о постепенном исчезании газов из атмосферы, мы должны остановиться на двух следствиях из кинетической теории газов.

Во-первых, постепенное движение газов от Земли должно выражаться в разрежении атмосферы. По мере удаления от поверхности Земли атмосфера должна становиться все более редкой, просто вследствие быстрого увеличения объема, занятого газом. В данном объеме атмосферы будет находиться все меньше и меньше быстро движущихся материальных частиц. На основании кинетической теории газов можно вычислить, что при —50°C на 400 км от земной поверхности одна газовая молекула будет приходиться на 1 м^3 воздуха[1]. Очевидно, при дальнейшем удалении, на некоторой высоте от земной поверхности мы должны встретиться с таким слоем газов, который потеряет для нас свойства материальной среды, будет формой лучистой материи, ибо движущиеся в нем газовые частицы не будут давать тех столкновений, остановок, изменений прямолинейного движения, которые составляют для нас «газ», выражаются во впечатлении обычного газа. Очень возможно, что некоторые явления, связанные с падающими звездами, как раз указывают нам на существование вокруг Земли такой оболочки лучистой материи (§ 60). Может быть, на то же указывают полярные сияния. Ибо эта лучистая материя должна представлять своеобразные явления в области магнитного поля Земли. Возможно, что в картине северных сияний играют роль не только космические лучи Солнца[2], но и разреженная лучистая материя Земли.

В тесной связи с этим должен стоять вопрос о пределе атмосферы. Для каждого газа, согласно законам диффузии, должно быть достигнуто при его распространении в безвоздушном пространстве такое состояние, в котором в единицу времени в данном месте пространства столько же входит частиц газа, сколько их выходит. Следовательно, в безвоздушном, очень большом, но замкнутом пространстве должно установиться равновесие и должен быть предел атмосферы, для каждой ее составной части различный. Но для земной атмосферы этот вопрос не может быть решен так просто, так как едва ли можно считать замкнутым то пространство, в котором она находится, и, очевидно, ее пределы обусловливаются влиянием небесных светил. Очень возможно, что некоторые из ее составных частей будут постепенно притягиваться другими светилами и, следовательно, исчезать из состава Земли.

Исходя из основ механической теории теплоты, Риттер (Ritter, 1878) вычислил, что высота земной атмосферы должна быть около 350 км. Предел для атмосферы (газов, следующих за суточным движением Земли), принимая во внимание упругость газов, будет 30 000 км. Нейман, принимая только тяжесть и центробежную силу, вычислил ее равной 6,67 земного радиуса[3].

316. Эти явления регулируются влиянием тяготения. Как известно, скорость движения какого-нибудь предмета может достигнуть такой

[1] Trabert, 1911, стр. 305.
[2] Störmer, 1907, стр. 5 и сл.; 1911, стр. 117 и сл.
[3] F. Neumann, 1883. Ср. Клоссовский, 1908, стр. 115 и сл.

величины, при которой он может преодолеть силу тяготения и удалиться из области ее действия. Вычисления, произведенные Стонеем[1], показали, что на довольно умеренной высоте, при температуре около —66° С, частицы газов атмосферы могут, согласно кинетической теории их строения, достигнуть такой скорости движения, что они должны уйти из области земного притяжения. Наиболее легко достигается это по отношению к легким газам, например, к водороду, гелию. Конечно, это может иметь место лишь по отношению к некоторым частицам этих газов, так как нам известно, что частицы даже химически чистого газа движутся с изменчивой скоростью (§ 318)[2]. В то самое время, как главная масса газов удерживается, наиболее быстро движущиеся частицы их отрываются и уходят от земного притяжения в небесное пространство.

Таким образом, атмосфера далеко не является простым собранием газов; она образует, благодаря своеобразным физическим свойствам газообразной материи, как бы особый механический аппарат, уводящий от Земли некоторые ее составные части, меняющий химический состав нашей планеты. Все эти выводы приобретают особое значение, если мы примем во внимание, что процесс этот должен совершаться в течение бесконечного течения веков.

Однако тот же самый процесс должен происходить и с другими планетными телами. Повидимому, идея о медленном газовом обмене между небесными телами имеет длинную историю еще до работ Стонея, обративших на себя внимание в конце XIX столетия. Указания на нее имеются уже у Грове в 1842 г.[3]. В небесном пространстве, в котором движется Земля, должны находиться отдельные газовые частички, ушедшие не только из земной атмосферы, но и из других небесных тел. Эти частички должны улавливаться, благодаря всемирному тяготению, отдельными планетами и могут быть захватываемы в земную атмосферу. Очевидно, это улавливание будет совершаться наиболее успешно планетными телами больших размеров, а уход газовых частиц будет наичаще происходить в атмосферах наиболее мелких небесных светил.

Таким образом ясно, что процесс такого улавливания и потери газов должен находиться в зависимости: 1) от одновременного нахождения в одной области небесного пространства больших и малых планет, 2) от величины планетных тел, 3) от температуры. Как известно, этим путем объясняется потеря газообразных атмосфер мелкими астероидами или планетами (например Луной) и, с другой стороны, рост атмосферы больших планетных тел. Согласно этим представлениям, атмосфера планет целиком или в большей своей части является новообразованием, собралась извне, из небесного пространства[4].

---

[1] Stoney, 1869, стр. 13; 1898, стр. 305 и сл.; Рудзкий, 1893, стр. 71. Возражения, например, Смолуховского (Smoluchowski, 1901, стр. 313), едва ли серьезно подрывают основные положения Стонея о допустимости таких явлений.

[2] Для того, чтобы газ ушел из атмосферы планеты, достаточно, чтобы существовало неравенство $\sqrt{\frac{2grS}{1+0{,}00367\,t}} < 485$, где r — радиус планеты, g — тяготение на ней, S — удельный вес газа, t — температура. Для Земли достаточно, чтобы скорость движения частицы достигла в секунду 10,5 км, для того чтобы она могла выйти из действия земного тяготения. Для водорода средняя скорость движения его частиц равна 1,6 км в секунду. Но для отдельных частиц она всегда может достичь предела влияния тяготения, т. е. 10,5—11 км (Stoney, 1898, стр. 314).

[3] Hunt, 1891, стр. 41 и сл.

[4] Это объяснение было выдвинуто уже Стонеем (Stoney, 1898). Ср. Lowell, 1910, стр. 231; J. H. Jeans, 1910, стр. 353 и сл.

Мы увидим, что и в истории Земли приходится считаться с этими явлениями.

317. Но кинетическая структура газов сказывается не только на границе атмосферы и на явлениях, связанных с процессами, идущими в межпланетных пространствах. Она проявляется в строении атмосферы и в тех ее областях, которые подчинены суточному вращению Земли.

Дело в том, что средняя скорость движения частиц составляющих ее газов различна, ибо она зависит от удельного веса газа. Поэтому процентный состав атмосферы, если только пределы ее достаточно велики, не может быть одинаков во всех ее точках. Кверху в ее составе должны относительно увеличиваться легкие газы, которые будут диффундировать скорее.

На этом основании, исходя из закона Генри — Дальтона, можно вычислить процентный состав атмосферы на определенных высотах, зная состав ее на земной поверхности. Такие исчисления были сделаны уже давно[1], но лишь в последнее время они обратили на себя серьезное внимание[2]. Они показывают значительные изменения состава воздуха на больших высотах; так, например, для высоты в 100 км должен преобладать в атмосфере водород, а не азот, и т. д. Нет надобности приводить здесь эти исчисления, ибо они сделаны при допущении постоянной температуры и неподвижности атмосферы. Отсутствие этих условий изменит и наши выводы. В то же время ничтожные количества легких газов, наблюдаемые внизу, совершенно изменят вычисляемый состав атмосферы для высоких ее слоев при их принятии во внимание или при оставлении их в стороне.

В низких слоях атмосферы в наших широтах, до высоты 11 км (на полюсе 9 км, у экватора 18 км), лежит слой атмосферы, постоянно перемешиваемый вертикальными движениями. Это так называемая тропосфера, за пределами которой находится слой газов с постоянной температурой, не принимающий ясного участия в газовом обмене нашего воздуха (стратосфера). Очевидно, формулу о составе атмосферы, согласно закону Генри — Дальтона, нельзя проверять на тропосфере, ибо все ее слои находятся в обмене и тропосфера не может давать устойчивые расслоения по химическому составу.

Однако общее заключение все же остается верным. Состав значительного скопления газов, различных по своему составу, подверженных действию тяготения, не может быть одинаков в своих верхних и нижних частях. Он неизбежно будет подвергаться расслоению и химическому разделению благодаря различному молекулярному весу составляющих его отдельных газов. Но это будет видно только на высотах, где газы не дают резких вертикальных движений,— в стратосфере. И действительно, научные наблюдения — разнообразные акустические и оптические явления атмосферы — указывают нам на существование на этих высотах какого-то резкого изменения в свойствах газов, которое проще всего может быть объяснено изменением состава атмосферы. Это изменение наблюдается на высоте около 70 км; можно думать, что здесь в атмосфере преобладает водород[3].

---

[1] Менделеев, 1876, стр. 47; Ferrel, 1886, стр. 37.

[2] Hann, 1901, стр. 8; 1903, стр. 123; Hinrichs, 1900, стр. 442; Dewar, 1906, стр. 223; J. H. Jeans, 1910, стр. 350 и сл.: Humphreys, 1909, стр. 66; Trabert, 1911, стр. 305; Wegener, 1911, стр. 170 и сл.

[3] Wegener, 1911, стр. 171. Вегенер считает, что существует еще другой скачок в свойствах атмосферы на высоте 200 км, который он объясняет преобладанием в ней, начиная с этой высоты, другого газа — корония (геокорония). См. стр. 218 и сл. [Гипотеза о геокоронии не подтвердилась]. См. еще Альтберг, 1915, стр. 49 и сл.; Störmer, 1921.

318. Однако сложность нашего представления о формах газовых выделений в земной коре на этом не может закончиться. Быстро движущиеся по разным направлениям частички газа не могут двигаться с одинаковой скоростью в одной и той же, даже небольшой, газовой массе. Эта идея неодинаковой скорости движущихся газообразных частиц, оказавшаяся столь плодотворной в кинетической теории материи, была введена в наши научные представления Кл. Максуэллом и Больцманом, и мы только что видели ее применение в вопросе об обмене между газообразными атмосферами небесных тел.

Но та же идея имеет место и в меньших пределах, так как во всяком однородном скоплении газа можно выделить частицы разной молекулярной массы или различной при данных физических условиях скорости движения. Недавние работы Томсона[1] указывают нам, что можно проанализировать с этой точки зрения состав однородного на вид газа и доказать существование в нем частиц разной массы и разных свойств. Однородное на вид скопление простых, элементарных газов, например, кислорода, азота, водорода, оказывается составленным из частиц различных свойств. Так, например, для кислорода можно доказать присутствие по крайней мере семи разных частиц. На ту же разнородность, на присутствие в каждом газе разных частиц, указывает и огромная область явлений, связанных с ионизацией.

Здесь мы находимся на пределах нашего современного знания. Но мы видим, как во всех этих случаях мы подходим к границам материальной среды. На краях больших газовых скоплений, исходящих от какого-нибудь выделяющего газ центра (например, планеты), мы сталкиваемся с разреженным газом, обладающим многими свойствами лучистой материи, может быть, согласно мнению некоторых исследователей, встречаемся с электронами. В то же время и внутри газовой массы, даже небольшого размера, можно доказать присутствие частиц разного характера и в том числе частиц, несущих электрические заряды. Очевидно, при разрежении этих газовых масс свойства таких частиц должны выступать еще более резко, и простое разрежение должно уже по одному этому резко изменять характер газа.

Наконец, для целого ряда природных газов — для гелия, радона, ториевой и актиниевой эманаций — мы сталкиваемся во всяком их скоплении с атомными разложениями. Эти явления сопровождаются еще большим выделением энергии, чем простое расширение газов. А между тем такие эманации находятся всюду в земных газах (§ 406). Их огромная роль в истории земных явлений приводит нас прямо в тесную область зарождения материи на нашей планете и сейчас не может быть нами учитываема.

319. Классификация природных газов. Оставляя в стороне эти области научной мысли нашего времени, едва намечаемые и рисующие лишь пути будущего, обратимся к классификации природных газообразных элементов. Мы сталкиваемся при этом сразу с особыми затруднениями, вызываемыми все той же подвижностью газообразной материи.

Затруднения эти заключаются в том, что в земной атмосфере — в воздухе — должны находиться все газообразные тела земной поверхности, как элементарные, так и сложные. Смесь их, несомненно, закономерна; поэтому воздух мог бы рассматриваться целиком как отдельный минерал,

[1] J. J. Thomson, 1911 (1), стр. 227 и сл.

подобно тому, как это приходится и удобно делать для таких природных смесей, какими являются природные воды или нефти.

Но всякая классификация сложных природных явлений всегда имеет служебный характер. Ее целью должно быть лишь удобное изучение сложного явления, а потому для разных случаев можно пользоваться разными признаками, можно их менять в зависимости от свойств изучаемого явления. Для газов неудобно пользоваться тем методом классификации, который оказался применимым по отношению к жидким минералам, ибо здесь он привел бы нас к большим неудобствам при соединении в одно минеральное тело постоянных и важных составных частей воздуха с его минимальными колеблющимися примесями. Последние исчезли бы этим путем с горизонта нашего научного видения. А между тем они, благодаря химической активности газов, играют огромную роль в истории земной коры.

Поэтому здесь надо отказаться соединять в один минерал закономерные смеси, и неудобно рассматривать воздух как один особый минерал. Удобнее идти другим путем: выделять каждую газообразную примесь воздуха как отдельное естественное тело. Согласно этому каждый элементарный газ, находящийся постоянно или временно в воздухе, будет в дальнейшем изложении рассматриваться как отдельный минерал.

320. Но на этом затруднения с газами не кончаются. Среди них мы имеем сейчас возможность различить отдельные сложные группы атомов, которые не всегда достаточно индивидуализированы. Так, например, для кислорода мы имеем O^2, O^3, O^6, не говоря уже о кислородных частицах, несущих один или больше электрических зарядов. Считать ли эти тела за отдельные минералы, отдельные природные продукты, хотя бы мы их никогда не могли выделить в чистом виде? Несомненно, что мы иногда это вынуждены сделать, например, по отношению к O^3 — к о з о н у; но проводить этот принцип до конца мы не можем при современном состоянии наших знаний, с одной стороны — вследствие малой изученности этих образований, с другой — вследствие их быстрой изменчивости и недолговечности. Существование особого по своим свойствам а к т и в н о г о а з о т а, получающегося при искровом разряде, только что начинает выясняться и сейчас не может быть принято во внимание, хотя, вероятно, такой деятельный азот играет известную роль в химии земной коры[1].

Очевидно, с еще большей несомненностью должны быть оставлены в стороне все те разнообразные индивиды в виде сложных ионов или крайне мелких электронов, которые находит в составе любого газа физик. Ибо эти тела, хотя и известные в природе, резко отличны от обычных материальных веществ и уже по одному этому не могут быть причисляемы к продуктам природных химических реакций — к минералам.

321. Для удобства изучения природных элементарных газов можно рассмотреть некоторые из них совместно, так как они обычно, или в главной своей части, находятся в природе вместе (как то: газы воздуха, радиоактивные эманации).

---

[1] S t r u t t, 1911, стр. 219. О существовании активного азота см. еще K o e n i g u. E l o e d, 1913, стр. 165. Возражения против его существования: T i e d e u. D o m c k e, 1913, стр. 4095; H. B a u e r a. R. S t r u t t, 1914, стр. 1049; C o m t e, 1913, стр. 74; T i e d e, 1913, стр. 340. Другие работы подтверждают его нахождение.

Принимая во внимание все выше сказанное, мы рассмотрим в дальнейшем изучении следующие группы природных газообразных элементов, оставив в стороне редкие или сомнительные тела, вроде корония и т. п. (§ 39).

1. Элементарные газы воздуха: кислород, азот, аргон, неон, криптон, ксенон.
2. Водород.
3. Гелий.
4. Озон.
5. Радиоактивные эманации: радон, торон, актинон.
6. Хлор.
7. Иод (?).

Элементарные газы воздуха

Кислород. Азот. Аргон. Неон. Криптон. Ксенон

322. Элементарные газы атмосферы. Наши сведения о составе земной атмосферы имеют долгую историю[1].

Существование в воздухе различных тел, в частности особого активного начала, по свойствам близкого к кислороду, подозревалось уже в далекие времена учеными Китая. Намеки на кислород мы находим еще у великих эллинов.

У отдельных исследователей точного знания в XVI и XVII веках мы видим более или менее ясные представления о сложном составе воздуха, о нахождении в нем активного начала — кислорода (Дюшен, Рей, Гук). Но только Майо в 1669 г. опубликовал свои работы, в которых он блестящими опытами и тонким анализом достиг глубокого понимания свойств и значения кислорода в экономии природы. Эти работы Майо не были поняты современниками и забыты потомками. Независимо от работ этих предшественников, в XVIII столетии отдельные ученые, например Ломоносов, подходили к пониманию явлений горения, Гэльс имел в своих руках свободный кислород, но лишь к 1775—1777 гг. трудами Шееле, Пристли, Байена и Лавуазье было выяснено значение кислорода в жизни организмов и процессах природы, его нахождение и количество в атмосфере[2].

Нахождение в воздухе в большем количестве другого инертного газа, азота, уже признавалось в работах Гауксби в начале XVIII века; его выделил в свободном состоянии в 1770 г. Рёзерфорд и точно исследовал Кавендиш, который указал на постоянство его состава. Первым в России изучал состав воздуха Паррот (1800, 1802) в Риге. Точно так же уже в конце XVIII столетия (в оставшихся неопубликованными работах) Кавендиш нашел в азоте воздуха какой-то другой газ, как мы знаем теперь— аргон, вновь открытый только в 1895 г. Рамзаем[3].

Но в воздухе находятся и другие газообразные составные части.

Уже в XVIII столетии было доказано нахождение в нем CO_2. В XIX веке были найдены озон (§ 399), водород (§ 384), гелий (§ 394), хлор и т. д.

---

[1] H. Kopp, 1845, стр. 188; Chevreul, 1865, стр. 497; Столетов, 1879; Kreusler, 1885, стр. 307; Ramsay, 1896; Foster, 1901, стр. 131, 224 и сл.; Benedict, 1912, стр. 4 и сл. (сводка анализов).

[2] Вопрос об открытии кислорода имеет большую литературу и вызвал большие споры. Одно время относили открытие кислорода к работам Пристли в 1774 г., но это явно неверно. См. литературу и обзор вопроса в основательных работах Иёргенсена и Шпетера — Jörgensen, 1909; Speter, 1910.

[3] Muir-Pattison, 1909, стр. 181.

Кроме того, в атмосфере мы наблюдаем и другие, большей частью временные и случайные, составные части, находящиеся почти всегда в ничтожных, едва уловимых количествах[1].

Главную составную часть воздуха составляют все же самородные элементы, три из которых — азот, кислород и аргон — резко преобладают[2].

323. Долгое время, до 1840-х годов, не было решено, является ли воздух газовой смесью, в которой преобладают элементарные газы, или химическим соединением, окислом азота, в котором растворены все другие газообразные тела.

Вопрос был окончательно решен в пользу смеси элементарных газов только в 1841 г. работами Дюма и Буссенго, изучившими воздух Парижа[3]. Их работа была сейчас же подтверждена определениями Стаса в Брюсселе[4], Леви в Копенгагене[5].

Но лишь в конце 1840-х — в начале 1850-х годов по инициативе Реньо было предпринято систематическое исследование воздуха земного шара. Числа, полученные Реньо и его помощниками Рейзе, Сорэ и Морицом, легли в основу всех наших сведений о составе воздуха и по своей точности не превышены новейшими исследователями[6]. Работы Реньо показали, с одной стороны, чрезвычайное постоянство главной части состава воздуха на различных высотах и в разных местах земного шара, указанное уже в 1781 г. Кавендишем, с другой, неопровержимо доказали, что господствующие в нем тела образуют смесь двух элементарных газов — азота и кислорода, а не их соединение. Работы Реньо были подтверждены независимо производившимися одновременно с ними исследованиями Леви[7] и Бунзена[8].

Одновременно, по инициативе Реньо, должно было быть произведено исследование воздуха России Купффером и Морицом, однако, к сожалению, эта работа не была закончена и полученные результаты никогда не были опубликованы[9]. Отдельные определения кислорода в воздухе в разных городах России, несомненно, не раз делались физиологами во время их работ над газовым обменом. Однако отдельных специальных анализов воздуха в пределах России почти не было. Известны анализы воздуха А. Купффера (1829, стр. 423) для Казани, Гёбеля (1838) для степи около оз. Эльтона и других мест, Клауса (1839 (2))—для Сергиевских минеральных вод, ряд анализов воздуха Москвы: Н. Лясковского (1847, стр. 954 и 1849, стр. 145), Сеченова и Шатупикова (1895, стр. 563), Самойлова и Юдина (1901, стр. 171), затем для Юрьева — Г. Хлопина (1899, стр. 171 и 1900, стр. 329) и для Харькова — Лидова (1902). Любопытно, что анализы Лидова дали значительные колебания (до 8%) для инертной части

---

[1] Наиболее полное их перечисление см. Renk, 1886, стр. 55. и сл.; F. Russel, 1896, стр. 44; Henriet, 1897, стр. 152 и сл.; J. Koenig, 1904, стр. 1431 и сл. Список пахучих веществ растений см. G. Cohn, 1904, стр. 29 и сл., 200.

[2] Сводку — все-таки неполную — об анализах воздуха и относящуюся сюда литературу см. Prandtl, 1907, стр. 50 и сл.

[3] Dumas et Boussingault, 1841, стр. 263 и сл.

[4] Stas, 1842, стр. 570.

[5] Lewy, 1843 (2), стр. 235.

[6] Regnault et Reiset, 1848, стр. 11; Regnault, 1848, стр. 155; 1852, стр. 385.

[7] Lewy, 1852, стр. 6 и сл.

[8] Bunsen, 1877, стр. 78.

[9] Regnault, 1852. Сбор воздуха в разных местах России был произведен в 1850-х годах, и образцы отсылались к Морицу в Тифлис, в метеорологическую обсерваторию. Но результаты анализов не были опубликованы. См. Рыкачев, 1899, стр. 156—157. «Изв. Акад. Наук», 1912, стр. 398.

воздуха. Состав воздуха становится более постоянным только зимою, когда почва покрывается снегом и промерзает[1].

Числа Реньо были позже подтверждены новыми работами Смита[2], так что могли бы считаться окончательными. Однако в начале 1880-х годов работы Жоли в Мюнхене и некоторых других исследователей возбудили сомнение в числах Реньо и вызвали новую их проверку. Ошибка Жоли была указана Крейслером[3], и в конце концов тщательные исследования Гемпеля[4] окончательно подтвердили точность вывода Реньо.

В конце концов, на основании данных Реньо, следует, что количество кислорода колеблется в незначительных пределах — от 20,9 до 21% по объему. Из 203 определений в пяти местностях — своих, Крейслера и Морлея — Гемпель[4] вывел для кислорода вероятное среднее равным 20,93%, а несколько позже, на основании всех данных, Ледюк[5] дал 21,0% (по весу 23,2%). По Бенедикту[6], среднее 212 анализов воздуха дает 20,952% по объему кислорода. Состав воздуха, по Ледюку, выражается (в %):

	По весу	По объему
N	75,5	78,06
O	23,2	21,0
Ar	1,3	0,93

Работы Ледюка показали, что нормальные колебания в количестве кислорода в атмосфере достигают всего от 23,11 до 23,23% (по объему 21,0%), т. е., в общем, незначительны. Так как состав воздуха постоянен, то он отвечает формуле N_4O. Дури и Цунц[7] в высоких частях Альп наблюдали 20,86—20,96% кислорода, независимо от высоты. Они заключили, что количество кислорода постоянно до высоты 4600 м.

Количество азота в воздухе приблизительно 3800 биллионов тонн. Считая, что 1 кг магмы дает в среднем 15 см³ N и 50 мг NH_4Cl, можно вычислить, что для этого она должна находиться до глубины 80—90 км в кристаллическом состоянии. Количество кислорода в атмосфере около 1200 биллионов тонн[8].

324. Совершенно так же незначительны колебания в количестве аргона. Определения, сделанные Шлёзингом[9], Келласом[10] и особенно Муассаном[11] над воздухом различных широт и географических областей дали колебания от 0,949 до 0,932% по объему аргона в воздухе, причем над континентами до высоты 5,8 км эти числа колеблются от 0,932 до 0,935%; колебания несколько больше над океаном. В одном случае (в образце, взятом яхтой «Принцесса Алиса» князя Монако над Атлантическим океаном) получено 0,942%.

---

[1] Лидов, 1907, стр. 151 и сл.

[2] A. Smith, 1872, стр. 7.

[3] Kreusler, 1885, стр. 305.

[4] Hempel, 1885, стр. 1800.

[5] Leduc, 1896, стр. 807. Старые данные см. Ebert, 1885, стр. 455; Kreusler, 1885, стр. 308.

[6] Benedickt, 1912, стр. 67. О постоянстве в количестве кислорода см. Guye, Kovacs et Wourtzel, 1912, стр. 332; Tower, 1913, стр. 249; Критику чисел см. Leduc, 1915, стр. 711.

[7] Duri u. Zuntz, 1904, стр. 421; 1906, стр. 113, 213; Watson, 1911, стр. 1460.

[8] Linck, 1912, стр. 28.

[9] T. Schloesing, 1895, стр. 604; 1896, стр. 696.

[10] Kellas, 1895, стр. 66.

[11] Moissan, 1903, стр. 600, 604, 605. Муассан сделал определение аргона в воздухе России: Петербурга, Москвы, Одессы, Оренбурга. Колебания достигали 0,9323—0,9351%.

325. Помимо этих газов, в атмосфере находятся ничтожные количества криптона, неона и ксенона. Их свойства и их роль в природе совсем мало изучены и они находятся в очень незначительном количестве. Повидимому, и для этих газов мы имеем постоянные отношения по сравнению с аргоном (ср. § 341). По Рамзаю (1909) и др.[1], в 100 частях воздуха находится:

	По весу	По объему
Ne	0,001247	0,00181
Kr	0,0000141	0,0000049
Xe	0,00000266	0,00000059

Всем этим числам можно придавать не абсолютное значение, но только порядковое.

Определения Клода дают 15 объемов неона в 1 млн. объемов воздуха. Найдены в количествах, отвечающих небольшой части Xe, новые тяжелые газы, может быть Kr_2 и Xe_2. По атомному весу они попадают в ряд редких элементов, если там есть место элементарным телам. Атомный вес 163 и 260. Первого больше[2].

326. Причины небольших местных колебаний в количестве кислорода, азота и аргона воздуха известны лишь в самых общих чертах. Среди них надо отметить (ср. § 327) в нижних слоях атмосферы процессы окисления, связанные с жизнью организмов и гниением, вызывающие ясное и заметное уменьшение кислорода; например, такое уменьшение было впервые замечено Леви[3] для воздуха над Северным морем; он пытался объяснить его (22,6% кислорода по весу вместо 23,2) влиянием морских организмов. Вывод Леви был подтвержден Реньо главным образом для жарких стран, где такое уменьшение иной раз могло быть связано с гниющими органическими веществами, иногда далеко от моря — например, воздух над Гангом заключал 20,39% по объему кислорода вместо 21%[4]. Кое-где такое уменьшение связано с ветрами, например при сирокко в Палермо количество кислорода падает до 20 по объему[5].

С другой стороны, Морлей заметил некоторые соотношения с барометрическим давлением, ибо отношение O : N на поверхности Земли колеблется в пределах до 1%, вследствие того, что воздух, спускающийся вниз с областей высокого давления, относительно более беден кислородом[6].

Леви[7] указал на другое явление, тоже связанное с общими физическими причинами: днем над океанами больше кислорода, чем ночью, ибо при нагревании (днем) морской воды и ее большем, вследствие этого, испарении кислород выделяется из нее в воздух в большем количестве, чем азот, так как в водных растворах его относительно больше, чем в воздухе (§ 331).

327. Все эти колебания ничтожны. Не удается даже до сих пор видеть влияние растительности, хотя теоретически можно ждать, что ночью, кислорода в воздухе должно быть несколько меньше, чем днем. Но исследование лесного воздуха не дало заметной разницы в кислороде[8].

---

[1] Ramsay, 1903, стр. 426; 1905 (2), стр. 116. Поправка Ramsay, 1908 (2), стр. 599. См. Claude, 1909, стр. 1454; H. Watson, 1910, стр. 810; Moureu, 1913, стр. 65; Krogh, 1919.

[2] J. J. Thomson, 1922, стр. 292 и сл.

[3] Lewy, 1843 (1), стр. 438.

[4] Regnault, 1852, стр. 401—402.

[5] Macagno, 1880, стр. 97.

[6] Morley, 1881, стр. 417.

[7] Lewy, 1852, стр. 28.

[8] Ebermayer, 1885. О воздухе лесов см. Ebermayer, 1886, стр. 265.

Даже огромная работа, производимая человеком, например расчистка лесов в тропических странах в связи с пожарами, дает ничтожные колебания в составе кислорода и азота воздуха[1].

Причина этого заключается в быстром обмене атмосферы, в ее движении. Только в замкнутых пространствах — в пещерах, рудниках и т. п. мы наблюдаем значительные колебания в составе атмосферы. В скоплениях человеческих жилищ, в зданиях состав воздуха меняется, но эти колебания не имеют никакого значения в общей экономии природы[2]. Для рудников, все же общающихся с атмосферой, Смит получил по объему в среднем 20,99%; в худших случаях здесь наблюдалось 18,2%[3].

328. Движения атмосферы объясняют и отсутствие тех отклонений от состава атмосферы высоких слоев, какие мы должны были бы наблюдать, исходя из кинетической теории газов. Ибо те незначительные уменьшения в количестве кислорода, какие измерены, не имеют ничего общего с тем, что должно было бы наблюдаться. Так, например, Кальете и Ледюк[4] получили для воздуха, взятого с высоты 15 км (в объемн. %):

O	20,79
N	78,27
Ar	0,94

Неон найден непосредственно в воздухе с высоты 14 км[5].

А между тем в высоких слоях не только может меняться состав атмосферы, но и ее характер (§ 317). Помимо изменений в ее химическом составе, мыслимы изменения физического состояния газов; так, например, допустимо, что кислород и азот образуют в разреженных холодных участках атмосферы жидкие или твердые облака[6].

Отсутствие влияния высоты на химический состав атмосферы, может быть, объясняется тем, что образцы взяты с относительно небольших высот, из области тропосферы. Для более высоких слоев — стратосферы и выше — единственные опытные указания на изменение состава верхних слоев атмосферы имеются в очень резком своеобразном спектре северных сияний, если не считать косвенных указаний, акустических и оптических, доказывающих резкий перерыв в свойствах атмосферы на высоте 70 и 200 км[7]. Спектр северных сияний указывает на нахождение в них или благородных газов неона[8] и криптона[9], или новых газов[10]. Один из спектров криптона одно время считался характерным для спектра северных сияний.

---

[1] Lewy, 1852, стр. 29— для Новой Гренады.

[2] Об этих колебаниях см. Renk, 1886.

[3] A. Smith, 1872, стр. 79, 106. О копях бурого угля см. Bunsen, 1904 (1), стр. 191.

[4] Cailletet et Leduc, 1896, стр. 696.

[5] Teisserenc de Bort, 1908, стр. 219.

[6] Poincaré, 1906, стр. 120 и сл. Существование на некоторой высоте жидких кислорода и азота допускалось уже оригинальным исследователем Риттером (Ritter, 1879, стр. 9).

[7] Ср. § 317. Сводка у Wegener, 1911, стр. 171, 216.

[8] Dewar, 1903, стр. 42.

[9] Runge, 1903, стр. 382; Baly, 1904, стр. 187; Ramsay, 1908 (1), стр. 217 и сл. О спектре криптона в северном сиянии см. Page, 1912, стр. 138; Сикора и Паульсен, 1902. Наблюдения Слифера (Slipher, 1919, стр. 266) показали, что это не криптон (Kr—557, зеленая линия сияний 557,8). Наблюдения Рэлея подтвердили это (Rayleigh, 1922, стр. 376); он наблюдал эту линию на небе в обычное время. Связь ее с северным сиянием не может считаться доказанной.

[10] Вегенер (Wegener, 1911, стр. 220) считает неправильным идентификацию спектра северных сияний со спектром криптона и относит главные линии к коронию (называемому им геокоронием). Однако, в пределах ошибок, он совпадает со спектром северных сияний.

Нахождение на высотах криптона противоречит нашим воззрениям о распределении газов в зависимости от их атомного веса. Если только признать спектр полярных сияний за спектр криптона, приходится допустить существование каких-то агентов, заставляющих тяжелые частицы криптона собираться в областях полярных сияний в относительно большем количестве, чем в нижних слоях атмосферы[1]. Как было указано, Вегенер считает спектр северных сияний не отвечающим криптону, но это толкование очень сомнительное.

Нахождение неона в большем количестве в верхних слоях атмосферы не может быть безразличным в истории земной коры, так как этот газ отличается исключительной электропроводимостью.

Но здесь мы находимся сейчас только на границе нашего знания. Завеса едва перед нами открывается.

329. Точно нам не известна масса атмосферы, так как совершенно не известны ее пределы (§ 315). Однако, оставляя в стороне ничтожные по весу разреженные ее части, можно получить данные о весе заключенных в атмосфере свободных кислорода, азота, аргона. Вся атмосфера составляет ничтожную часть массы Земли[2], едва ли более $\frac{1}{10^6}$. Исходя из этой массы, Аррениус дает следующие числа[3]:

	Для всей атмосферы	На 1 м² земной поверхности
Азота	$391,2 \cdot 10^{13}$ т	7671,3 кг
Кислорода	$119,4 \cdot 10^{13}$ »	2344 »
Аргона	$6,7 \cdot 10^{13}$ »	131,9 »

Цифры эти, вероятно, несколько велики для кислорода и аргона, так как за основание вычислений приняты их относительные количества, соответствующие нижним слоям атмосферы, тогда как кверху процентное их содержание уменьшается. Для азота, на том же основании, принятая цифра ниже действительной.

Если бы даже в конце концов оказалось, что состав верхних частей атмосферы совершенно отличен от нижних слоев ее, все же числа эти мало изменятся, так как количество вещества, сосредоточенного в высоких областях атмосферы, ничтожно.

330. В воздухе заключаются газы не только в свободном состоянии; они входят в жидкие и твердые растворы, находящиеся в атмосфере, т. е. растворяются в плавающих в атмосфере телах, главным образом в воде.

Всякие метеорные воды, например д о ж д ь, всегда содержат в растворе газы, причем каждый дождь извлекает значительные количества кислорода из воздуха, переводя его в раствор. Первые точные исследования дождевой воды с этой целью были сделаны в 1853 г. Баумертом[4], который нашел, что она содержит 33,76% O и 64,47% N. Эти числа, однако, сильно колеблются и зависят от температуры, атмосферного давления, может быть состояния атмосферного электричества и т. д. К сожалению, дождевая вода исследована с этой точки зрения очень мало. Анализ газов дождя

[1] J. H. J e a n s, 1910, стр. 352.
[2] E m d e n, 1907, стр. 353.
[3] A r r h e n i u s, 1903, стр. 475. Цифры уменьшены, по его указанию, на 1,8%.
[4] B a u m e r t, 1853, стр. 17.

нашей страны делался для Харькова А. Лидовым (1907, стр. 154). После грозы количество кислорода в воздухе сильно падает, может быть вследствие образования закиси азота. Для Средней Европы наблюдения Рейхардта[1] указывают, например, что в январе при 4° С получается 32,4 см³ газов, причем они заключали до 31,77% О, а в июне при 15°С было всего 19,74 см³ газов в литре, заключавших 26,74% О. В общем, количество захватываемых дождем газов далеко не вполне отвечает теоретической формуле, выведенной на основании термодинамических параметров.

Приведем еще некоторые числа. Так Жерарден[2] получил в литре дождевой воды всего 6,5—7,5 см³ кислорода, Кёниг[3]—до 9 см³. Исследования метеорных осадков во время гроз и после гроз не дали заметных отличий в содержании кислорода по сравнению с обычным дождем (наблюдения Меринга в Бреславле)[4].

Аналогичным образом дождевая вода всегда содержит в растворе и аргон[5].

По Кёнигу[6] и Мерингу[4], снег дает числа газов, аналогичные дождю, но тоже не вполне совпадающие с теоретическими.

Несомненно, таким образом, что каждый метеорный осадок является энергическим деятелем химического характера, ибо он изменяет состав атмосферы. В то же время всякая природная вода более энергична как окислитель, чем воздух, ибо сравнительно она богаче кислородом. Резкое химическое изменение, совершаемое дождем, видно из опытов Жерардена. Он нашел, что дождь, собранный на высокой террасе, более богат кислородом, чем дождь, упавший внизу и обогатившийся органическими остатками. При стоянии в замкнутых сосудах процент свободного кислорода в дождевой воде уменьшается; очевидно, кислород потребляется на химическую работу, на окисление пыли или на биохимические процессы.

331. Элементарные газы в гидросфере. Океан и моря, соприкасаясь с атмосферой, постоянно поглощают и выделяют газы воздуха. Количество газов, собранных океанами, огромно; оно сравнимо с количеством газов атмосферы, хотя, впрочем, кислорода, вероятно, больше в атмосфере[7].

Бойль в 1670 г. доказывал необходимость воздуха для всех животных, в том числе и для морских[8]. Но нахождение воздуха в растворе в воде доказал через несколько лет Бернулли.

Хотя нахождение газов в морской воде было известно давно, но обратило на себя внимание ученых лишь в конце XVIII столетия. В 1778 г. Пристли указал, что кислород в воде растворяется значительно сильнее, чем азот, и что газы, извлеченные из воды, богаче кислородом. В 1799 г. Дэви доказал, что рыбы пользуются этим растворенным кислородом, а не разлагают H_2O[9]. В начале XIX столетия Гей-Люссак и Гумбольдт выяснили, что газы воздуха различно растворяются в пресной и соленой воде. Наконец только в 1837 г. Фреми сделал первую попытку количественно определить состав воздуха, растворенного в океане.

---

[1] Reichardt, 1875, стр. 210 и сл.
[2] Gérardin, 1872, стр. 1713; 1875, стр. 989.
[3] J. Koenig, 1904, стр. 1378. Ср. еще Frankland, 1877, стр. 851.
[4] Mehring, 1907, стр. 470, 476.
[5] Rayleigh a. Ramsay, 1895 (2), стр. 225 и сл.
[6] J. Koenig, 1904, стр. 1378. Ср. Reichardt, 1875, стр. 208.
[7] Stevenson, 1900, стр. 403.
[8] Boyle, 1670, стр. 2011, 2035.
[9] Davy, 1799, стр. 138; Jolyet et Regnard, 1877, стр. 44.

Однако еще позже, лишь в 1840-х годах, получены были первые точные цифры и точнее понят общий характер идущего при этом в природе химического процесса. Эти данные были получены талантливым французским ученым Эмэ, работы которого были совершенно забыты. О них вспомнили только после того, как те же выводы были получены другими, более полно и точно[1]. Эмэ первый указал, что количество элементарных газов (кислорода и азота) в морской воде отвечает закону Генри и может быть вычислено, исходя только из температуры воды[2]. При этом он выяснил, что глубина, с которой взят образец, не имеет значения, так как вода содержит столько O + N, сколько она может поглотить при данной температуре на поверхности[3]. Другими словами, океаны постепенно поглощают O и N с поверхности, и глубокие слои океанов содержат столько этих газов, сколько их растворяется под обыкновенным давлением. Газы океана как будто находятся в постоянном сообщении с земной атмосферой. Давление газа на дне океана отвечает давлению атмосферного столба и не отражает на себе давления жидкости.

Этот вывод вновь независимо найден Якобсеном[4] и подтвержден всеми последующими исследователями.

Морские экспедиции 1870-х годов положили начало нашему современному знанию химического состава газов морской воды — в работах Якобсена, Диттмара[5], Торнё[6].

Этими исследованиями собран достаточный эмпирический материал, который показывает, что можно спокойно пользоваться экспериментальными данными о растворимости газов воздуха в морской воде для первоначальной общей картины природного явления. С этой целью были поставлены точные опыты над растворимостью в морской воде азота — Гамбергом, кислорода — Якобсеном, обоих этих газов и аргона — Фоксом[7]. В конце концов измерения Фокса дали числа, которые должны лечь в основу наших суждений о газовом обмене морской воды.

Из благородных газов данные были получены только для аргона, который был найден в морской воде, в соответствии с опытом, в относительно большем количестве, чем в воздухе[8]. Как известно, и аргон растворяется — подобно кислороду — в воде значительно (в $2^1/_2$ раза) больше, чем азот[9].

---

[1] Судьба работ талантливого французского исследователя Эмэ (Aimé, 1813—1846 гг.), погибшего во время научной работы, молодым, была вообще печальна. Значение его работ в физической химии было впервые указано Дюхемом (Duhem, 1899, стр. 6). На забытые работы его по океанографии случайно натолкнулся Туле (Thoulet, 1890, предисловие), называющий его даже основателем французской океанографии. Однако роль Эмэ в понимании явлений газового обмена океана исторически недостаточно оценена самим Туле (Thoulet, 1904, стр. 75 и сл.). В то же время изящно и прекрасно написанные работы Эмэ по океанографии излагались, непонятным образом, совершенно неправильно. Ему приписывались как раз выводы, которые Эмэ разрушал (Jacobsen, 1873, стр. 5).

[2] Это связано с тем, что молекулярный вес этих газов один и тот же в воде и в газообразном состоянии; следовательно, газы эти, растворяясь в воде, не вступают в химическое соединение. Ср. Van't Hoff, 1899, стр. 23.

[3] Aimé, 1843, стр. 502; 1845, стр. 106.

[4] Jacobsen, 1873, стр. 1 и сл.

[5] Dittmar, 1884.

[6] Tornö, 1880.

[7] Fox, 1907, 1909.

[8] Troost et Ouvrard, 1895, стр. 798.

[9] Ср. еще Rayleigh a. Ramsay, 1895 (1), стр. 51.

332. Опыт показывает, что количество газов, растворимых в морской воде, резко меняется в зависимости от ее температуры и солености. При изменении этих факторов на поверхности океана в ту или иную сторону будет происходить или выделение или поглощение газов. Океан является постоянным агентом, производящим этим путем огромную работу химического характера.

Измерив температуру и соленость моря, мы уже знаем вероятное количество отвечающих им газов. Так, например, при солености 35‰ и температуре 15° С вода должна заключать в 1 л 5,84 см³ O и 11,12 см³ N, при 35‰ и 0° в ней должно быть 8,03 см³ O и 14,40 см³ N и т. д. [1]. Можно указать вообще, что количество растворенных газов увеличивается с понижением солености и понижением температуры, так что максимальные числа их растворимости мы имеем для пресной воды при низкой температуре (при —2° С и солености 0 растворяется 10,88 см³ O и 19,45 см³ N).

В то же самое время меняются и отношения кислорода к азоту. Так, в воздухе при 0° объемный процент кислорода равен 21, в пресной воде при той же температуре 34,6, в соленой 15‰ — 35,7, в соленой 30‰ уже 35,8.

Однако эти данные дают только основу для наших выводов. Помимо температуры и солености, есть целый ряд факторов, которые меняют ход явления в сложной лаборатории природы и заставляют вводить ряд изменений в числа нашего опыта.

Так, необходимо принять во внимание характер диффузии газов или растворов газов в глубину. Морская вода берет кислород и азот только на поверхности океана, но в конце концов она содержит газы в растворе во всем своем объеме. Газы так или иначе проникли до дна. Отчасти мы имеем здесь дело с постоянно идущим — хотя иногда и медленно — смешиванием морской воды, переходом ее слоев, бывших на поверхности, вниз, с так называемой конвекцией; но отчасти газ с поверхности постепенно проникает вглубь диффузией. Прямая диффузия газа в водном газовом растворе большого объема есть явление очень сложное [2]. Она происходит очень медленно, и потребны многие тысячелетия, пока какая-нибудь частица газа путем одной диффузии с морской поверхности попадет на дно. Если бы обмен газов в водных бассейнах Земли, при их потреблении организмами и расходовании на химические реакции, обусловливался бы только диффузией, то давно все запасы кислорода в небольших глубинах были бы потреблены, а жизнь и химические реакции земной поверхности в наблюдаемом масштабе не могли бы идти [3]. Надо думать, что проникновение газами всей толщи воды океана достигнуто не только диффузией газов. Среди причин перемешивания газов надо принять во внимание завлечение газов благодаря падению мути вниз, на дно, или образованию в жидкости подвижных центров конденсации [4]. В этом процессе играли огромную роль конвекционные токи. Наконец, и морские течения перемешивают и смешивают воду океанов.

---

[1] См. таблицу (на основании данных Фокса) у Krümmel, 1907, стр. 296. Ср. еще G. Whipple a. M. Whipple, 1911, стр. 362.

[2] См. о сложности этих явлений у Hüfner, 1897, стр. 115 и сл. Krümmel, 1907, стр. 299; Rudzki, 1911, стр. 274. Новые числа — Carlson, 1911, стр. 1031.

[3] Медленность диффузии была уже замечена в 1809 г. Провансалем и Гумбольдтом (см. Dunkan u. Hoppe-Seyler, 1892, стр. 148). На ее значение для понимания явлений жизни в водных бассейнах обратил внимание Гоппе-Зейлер. Regnard, 1892.

[4] См. любопытные опыты Аднея (Adney, 1905, стр. 168).

Чрезвычайно резко сказывается изменение в составе газов в зависимости от морских течений, насколько это выяснили новые данные, давшие объяснение аномалиям, замеченным химиками экспедиции Челленджера. В зависимости от характера вертикальных движений морской воды, в центре наблюдаются пространства, заполненные морской водой, которая наименее часто соприкасается с поверхностью океана, т. е. с атмосферой. В Атлантическом океане, по обе стороны от экватора (20° с. ш.—20° ю. ш.), на глубинах 200—600 м находится вода, бедная кислородом (1—2 см³ на 1 л), тогда как на поверхности (4—5 см³ на 1 л) и на дне (3—4 см³) она значительно богаче кислородом[1]. Очевидно, это уменьшение кислорода в этих промежуточных слоях связано не только с окислением взмученных веществ, но и с жизнью промежуточных морских организмов.

Эти причины влияют на наблюдаемые отклонения состава газов морской воды от чисел, вычисленных согласно правилу Эмэ — Якобсена. Для небольших глубин отклонения относительно незначительны. Повидимому, однако, в среднем количество кислорода там все же менее, чем можно было ждать, исходя из таблиц.

Но для больших океанических глубин отклонения выступают более резко. Судя по исследованиям Диттмара и Буканана на основании материала, собранного экспедицией Челленджера, казалось бы даже, что количество кислорода в океанах совсем не следует теоретической формуле. Так, например, для экваториальных частей Атлантического океана получены следующие числа (в %):

На поверхности	33,7
На глубине 400 м	23,4
» 550 »	11,4
» 800 »	15,5
» 1600 »	22,6
Глубже 1600 м	23,4

Но числа английских химиков возбуждают сомнения с методологической точки зрения; необходимо подождать новых, более точных исследований для того, чтобы считать эти данные нормальными. К сожалению, пока других данных в том же масштабе для газов океанских глубин не имеется.

333. Имеющиеся другие исследования не дают уменьшения количества кислорода с глубиной во всех случаях, например для Северного моря или для Средиземного; оно наблюдается лишь местами, тогда как другие местности моря, даже до 3 км глубины, дают почти теоретические количества кислорода. Отклонения наиболее резки, когда берутся образцы воды с морского дна; они наблюдаются только в участках, богатых органической жизнью, мало проветриваемых[2].

Объяснением этого явления может служить расход кислорода для жизни организмов, для химических реакций, с нею связанных и для выветривания минералов.

Обычно органической жизни придают исключительное значение для объяснения уменьшения кислорода в таких замкнутых или уединенных участках моря. Однако это утверждение верно только по отношению к небольшим замкнутым участкам; оно не может иметь места по отношению к глубоким слоям больших бассейнов. Очень вероятно, что и здесь, по аналогии с атмосферой, при достаточно быстром обмене органическая

[1] Brennerke, 1909.
[2] Natterer, 1893, стр. 70; 1894, стр. 32—33.

жизнь также мало влияет на состав газов морской воды, как она мало влияет на состав газов свободной атмосферы (§ 327).

По опытам Пюттера, в Неаполитанском заливе водоросли в среднем (февраль и август) выделяли на 1 л воды на свету около 0,99 мг O (колебания 0,10—3,05; выбрасывая два крайних: 0,19—2,44). Любопытно, что кислород выделяется организмами и в темноте[1].

Гораздо сильнее должны сказываться здесь влияния чисто химического характера. На земной поверхности идут реакции связывания кислорода в более значительном масштабе, чем это имеет место в организованных существах. Колоссальная работа процессов выветривания требует огромных количеств кислорода. Ее необходимо принимать во внимание, учитывая уход кислорода из морских глубин, не возобновляемый достаточно быстро диффузией или конвекцией верхних, богатых кислородом частей морской воды. Этот процесс не должен непременно происходить на дне океана; он может и должен идти со всей той взмученной массой вещества, которая держится этими водами, с проникающей в них пылью. Мы имеем здесь аналогию с уменьшением кислорода в источниках (§ 340), где роль явлений выветривания выступает очень резко в уменьшении кислорода.

Влияние органической жизни гораздо резче видно на местных к о л е б а н и я х в количестве кислорода, иногда имеющих периодический характер. На них же сказываются и периодические изменения метеорологических факторов, главным образом температуры и барометрического давления.

Такие колебания в процентном составе кислорода были замечены сперва для Балтийского моря.

Уже один из первых точных исследователей газового обмена океанов, Якобсен, заметил резкие колебания в ту и другую сторону в количестве растворенных газов в слоях морской воды, близких к поверхности. Иногда количество кислорода б о л ь ш е, чем надо ждать по теории. Поверхность моря является п р о и з в о д и т е л е м кислорода[2]. Для Балтийского моря[3] такое пересыщение особенно резко весной; зимой и летом мы наблюдаем нормальную насыщенность, осенью кислорода в воде меньше. Эти колебания отчасти объясняются тем, что равновесие в насыщении не следует достаточно быстро за изменением температуры поверхности воды, но отчасти оно зависит от периодических колебаний в количестве богатого хлорофиллом растительного планктона. Пересыщение кислородом весною простирается местами до 50 м глубины, т. е. до глубины, которой достигает здесь свободный обмен с атмосферой. Глубже от поверхности наблюдается небольшое, но заметное уменьшение в количестве кислорода, что тоже можно отчасти объяснить жизнедеятельностью организмов, потреблением ими этого газа. Явление это, однако, очень сложное и зависит и от разных других причин, например от солености, морских течений и т. д.

Значительно труднее понять колебания в количестве азота. И для него иногда наблюдались в близких к поверхности частях моря резкие откло-

---

[1] P ü t t e r, 1909, стр. 129—130. Ср. для Балтийского моря — W i t t i n g, 1912 (1), стр. 45 и сл.; для Северного моря — G e h r k e, 1916, стр. 177.

[2] Об этом см. также для Средиземного моря N a t t e r e r, 1893, стр. 70 и сл.

[3] См. интересные карты W i t t i n g, 1910, стр. 42—44; G e h r k e, 1910, стр. 28; 1916, стр. 177; P e t t e r s s o n, 1894; Л е б е д и н ц е в, 1908 (2), стр. 86; Определения кислорода в финских станциях с 1911 г. печатаются в ежегодниках — W i t t i n g, 1912 (2)

нения от нормы. Кнудсен наблюдал[1] в Северном Атлантическом океане его количества, превышающие теоретические (21,03, 22,6 см³ в 1 л воды). Такое увеличение азота связано, может быть, иногда с местным источником азота, например с выделением газов, образующихся при гниении, или с местным выходом газовых струй, или оно зависит от причисления при анализе к азоту другого инертного газа, т. е. зависит от несовершенства методов работы. Едва ли правильно объяснять его всегда нагреванием поверхностного слоя воды, дающего благодаря этому пересыщенный раствор азота.

Иногда такое явление действительно наблюдается. Наблюдаются в океанах слои воды, насыщенные азотом при более низкой температуре (или другой солености?), чем та, которая наблюдается в момент исследования. Только так можно объяснить богатство азотом придонных слоев воды Европейского Ледовитого океана, например вдоль берегов Мурмана. Здесь на дне находятся слои воды, которые, вероятно, насытились азотом на поверхности при более низкой температуре[2].

К. Дерюгин (1915, стр. 83 и сл., 690 и сл.) приводит данные о газах— кислороде и азоте — в воде Кольского залива и Екатерининской гавани. В Кольском заливе не наблюдается заметного изменения в количестве кислорода, например, у о-ва Седловатого 29.VI.1909 г. на поверхности — 7,24 см³, на глубине 300 м — 7,11 см³ кислорода. В Екатерининской гавани резкое уменьшение: 27.XII.1905 г. — 6,97 см³ на поверхности и 1,89 см³ на глубине 42 м. Однако это уменьшение наблюдается, повидимому, главным образом зимою.

334. Помимо таких небольших временных колебаний, наблюдаются, однако, несомненные и ясные отклонения от правила Эмэ—Якобсена в замкнутых морях или таких участках океанов, где не происходит быстрого обмена газов. В таких случаях под влиянием жизни организмов и других химических процессов идет энергичное уменьшение кислорода; в то же время здесь появляются другие газы, главным образом сероводород, иногда углеводороды. Такие отклонения были встречены уже Якобсеном[3]. Они наблюдались и другими исследователями[4]. Но наиболее ясно были они доказаны и наилучше изучены А. Лебединцевым. Известно (ср. § 261) резкое изменение в характере газов в глубоких слоях Черного моря, где на первое место выступает сероводород. То же самое наблюдается и в уединенных участках океана. В Куяльницком лимане (1849 г.) на 100 объемов H_2O — 1,9 объема газов; из них 0,62 H_2S и 1,36 (N + O), причем газ был «беден кислородом»[5]. Наблюдения Лебединцева[6] дали, например, для Мофьорда в Норвегии следующие числа:

На поверхности	7,9	см³	кислорода	в 1 л
На глубине 40 м . . .	2,43	»	»	» 1 »
» 200 м . . .	0,20	»	»	» 1 »

Одновременно с этим здесь развивается сероводород, препятствующий органической жизни.

В датских водах поверхностная вода всегда почти насыщена кисло-

[1] Knudsen, 1899, стр. 147; 1903, стр. 4 и сл.

[2] См. Книпович, 1906, стр. 1202 и сл. Анализы Н. Книповича, Л. Брейтфуса, А. Пальмквист. Ср. Брейтфус, 1903, стр. 209.

[3] Jacobsen, 1873, стр. 17—18; «Mitteil. d. Kom. Meereserforsch.» Hydrogr., 1, № 8 и 12.

[4] См. данные у Krümmel, 1907, стр. 300.

[5] Гассгаген, 1852, стр. 10.

[6] Лебединцев, 1904, стр. 129; 1908 (2), стр. 61.

родом. В промежуточном слое в феврале и ноябре никогда не наблюдалось пересыщенности кислородом, в мае и августе — часто. Пересыщенность 10% O; мощность слоя до 20 м. Бывала пересыщенность в 20%, что зависит от скопления планктона.

В других замкнутых, но больших бассейнах уменьшение кислорода и связанное с этим падение органической жизни не сопровождается выделением сероводорода. Это наблюдается, например, в Каспийском море[1], где резкое падение в количестве кислорода заметно уже на глубине 400 м. Еще ярче оно выступает в замкнутых своеобразных участках этого моря, например в Карабугазском заливе. В среднем здесь на 1 л приходится всего 1,33 см³ кислорода, а местами всего 0,54 см³. Эти отклонения не могут быть целиком отнесены на счет изменения солености и температуры морской воды, они вызываются химическими или биохимическими явлениями[2].

Аналогичные колебания происходят в узкой береговой полосе океанов, и они давно уже отмечены Морреном и Леви. По Лежандру[3], для кислорода около берегов Конкарно существуют суточные колебания с максимумом (2—4 ч. дня) и минимумом (раннее утро). Эти колебания бывают сильнее в солнечные дни, на них не отражаются ни приливы и отливы, ни движения моря. Повидимому, эти максимумы и минимумы связаны с жизнедеятельностью хлорофиллоносных организмов. При максимуме наблюдается избыток растворенного кислорода против теоретического, выведенного на основании температуры воды и атмосферного давления. Количество растворенного кислорода достигает 12—14 мг на 1 л воды.

335. Элементарные газы в литосфере. Газы в литосфере находятся в разном состоянии: 1) они образуют газообразные скопления, т. е. находятся в газообразном состоянии, частью медленно выделяясь и рассеиваясь в атмосфере (газовые испарения), частью образуя газовые скопления и сгущения; особый тип сгущений представляют газы рыхлых продуктов литосферы (например, почвенный воздух); 2) они наблюдаются в твердых растворах и 3) находятся в жидких растворах, в разнообразных жидких продуктах Земли, главным образом в воде, нефти и магме.

Из всех этих форм нахождения газов, вероятно, наибольшее их количество сосредоточено в виде газовых сгущений и скоплений[4].

Остановимся сперва на жидких водяных растворах газов в твердой литосфере, которые теснейшим образом связаны с газовыми телами гидросферы. Мы имеем здесь следующие случаи: 1) газы, растворенные в соленых и пресных озерах и прудах, 2) растворенные в реках; 3) в метеорных осадках и 4) в горячих и холодных источниках.

Для первых трех случаев сохраняются целиком общие условия поглощения газов из атмосферы, указанные раньше; для них главным источником газа является атмосфера. Деятельность организмов, в том числе и человека, может быть рассматриваема лишь как явление, возмущающее и несколько меняющее нормальный ход процесса. Лишь в очень исключительных случаях к ним притекают газы из глубоких слоев литосферы.

Гораздо сложнее газовый режим источников; здесь бóльшая часть газов, несомненно, попадает из глубоких слоев земной коры или имеет чуж-

---

[1] Книпович, 1905, стр. 447; 1904, стр. 126; Лебединцев, 1904, стр. 124. Ср. еще Лебединцев, 1901, стр. 284.

[2] Лебединцев, 1902, стр. 105.

[3] Legendre, 1909, стр. 669.

[4] Ср. Вернадский, 1912 (1), стр. 145. Пропущен газ подземных и подпочвенных грунтовых вод, о которых упоминал еще Бишоф (Bischof, 1854). См. Lepsius, 1885. Ср. работу Гессельмана (1915, стр. 707).

дое атмосфере происхождение. Газы источников теснейшим образом связаны с газовыми струями.

336. Стоячие скопления воды — озера и пруды — охватывают небольшое количество воды земной поверхности. По Мёррею, общая масса воды озер всего земного шара отвечает 3200 км³; она меньше дебита рек в несколько раз, по крайней мере в 3 раза.

Очевидно, для соленых озер имеют место все те данные, которые нами указаны для морей. Некоторые из больших озер, например Каспийское море, можно даже причислить к морям по характеру идущих в них химических процессов. Можно ждать несколько особых явлений в озерах исключительного состава (например, содовых или борных) или в небольших, легко замерзающих водоемах холодного и умеренного климата. К сожалению, у нас имеется чрезвычайно мало данных для суждения об их газовом обмене.

В пресных озерах, в верхнем их слое, должны заключаться количества азота и кислорода, отвечающие насыщению воды этими газами; например, для химически чистой воды на уровне моря имеем следующие числа[1]:

	O	N	Ar
См³ в 1 л при 0°	10,26	18,32	0,54
» » 1 » » 30°	5,47	10,46	0,31
То же в % » 0°	34,6	61,8	1,8
» » » » » 30°	33,3	63,6	1,9

Но колебания должны быть больше, чем даны в этой таблице, так как температура озер и прудов колеблется в бо́льших пределах, чем 0—30°. С другой стороны, влияет и давление; так, горные озера поглощают меньше газов, чем озера, лежащие в низинах, и т. д. Однако колебания в составе растворенных газов, зависящие от изменения давления, менее значительны, чем колебания от температуры.

В общем выводе по отношению к озерам и прудам мы можем применять эти вычисленные данные только для поверхности, где вода насыщена газами благодаря соприкосновению с атмосферой. Для некоторых из них, имеющих сток, определения газов не дали очень заметных отклонений от теории и для глубоких частей. Так, например, по Вальтеру, вода Женевского озера содержит кислород и азот, в общем, в одинаковом отношении как на поверхности, так и на глубинах, до глубины дна, т. е. 300 м. В общем, в Женевском озере колебания достигают 6,78—7,62 см³ O и 14,61—15,94 см³ N, причем никаких правильностей, по сравнению с глубиной, заметить не удается. На поверхности наблюдаются иногда большие различия в количестве O и N, но неясно, не зависит ли это от недостатков анализов[2]. Наблюдения Гоппе-Зейлера для аналогичного по своим

[1] См. Krümmel, 1907, стр. 293. Крюммель вычислил эту таблицу по таблицам Ландольта и Бернштейна. Ср. таблицу Винклера (L. Winkler, 1889, стр. 1764). О кислороде: в оз. Червяном, Сунгуле и др. на восточном склоне Урала — Присадский, 1914, стр. 267; в оз. Глубоком, Новгородской губ.— Воронков, 1913 (2); в Косинском озере Московской губ.— Гальцов, 1913; в Барабинских озерах— Скориков, 1913; в Демско-Ильчиканских озерах Уфимской губ.— Шаповал, 1915, стр. 74; в ильменях Волги — Скориков, 1915, стр. 11; в озерах Рижского побережья — F. Ludwig, 1908, стр. 194; в озерах Лифляндской губ.— Мюлен, 1906, прилож., стр. 6; в Сарпинских озерах Калмыцкой степи Астраханской губ.— Суворов, 1909, стр. 443 и сл.; в водах Закаспийского края — Меринг, 1907; в оз. Шира Енисейской губ., Минусинского у.— Касторский, 1904, стр. 51; в озерах Псковском, Теплом и Чудском см. таблицы — Лебединцев, 1913. О трех типах кислорода в озерах — Birge a. Juday, 1911.

[2] Forel, 1895, стр. 617 и сл.; Le Royer et Delebecque, 1895 (1) и (2).

условиям Боденского озера дали, однако, заметное уменьшение в количестве кислорода с глубиной[1]

Иное наблюдается во вполне замкнутых бассейнах. Здесь идут различные химические реакции, меняющие состав растворенных газов. Мы действительно знаем выделение углеводородов, сероводорода, водорода (§ 380) из таких бассейнов. С другой стороны, здесь нередко сильно замедляется вертикальная циркуляция воды, переводящая в них верхние, насыщенные кислородом слои, благодаря чему резко меняется общий режим газов таких водовместилищ.

К сожалению, несмотря на большое развитие в последнее время лимнологии, состав газов в озерах долго не обращал на себя внимания исследователей и иногда сознательно даже до сих пор оставляется в стороне[2]. А между тем, именно здесь особенно важны точные наблюдения, так как режим газов в небольших замкнутых, нередко мелких бассейнах, не может зависеть от атмосферы в той мере, в какой он зависит от нее в открытом океане. Помимо атмосферы, озера получают значительное количество газов другим путем; так, несомненно обогащение их кислородом благодаря растительности[3]; CO_2 получается химическим путем из газовых испарений, идущих при процессах выветривания (окисление и разложение карбонатов и т. д.)[4]. Мы имеем озера, обогащенные сероводородом в нижних своих слоях. С другой стороны, кислород поглощается организмами и идет на химические реакции грязи[5] и т. д. Процессы выветривания на дне и в окружающей местности играют важную роль в истории газов таких бассейнов.

В озерах Камчатки количество кислорода, вследствие развития органической жизни (сильного цветения планктона), местами значительно превышает теоретическую норму, например для оз. Нерпичьего[6].

Режим газов в озерах меняется еще в зависимости от их замерзания. Исследования А. Лебединцева для новгородских озер показали, что уменьшение кислорода начинается в ноябре и достигает зимнего минимума в марте, причем этот минимум особенно резок для мелких озер, с глубиною не больше 15 м (0,25 —1,89 см³ кислорода на 1 л) и незначителен для глубоких (6,29—7,55 см³)[7]. Этот режим меняется и в зависимости от слабой конвекции теплоты, быстрого нагревания поверхностного слоя и т. д.[8].

Наблюдения в течение 10 лет над озерами Северо-Западного края показали, что режим газов в них не меняется[9]. Определение кислорода зимой (15.II—1.III. 1912 г.) в р. Великой у Святогорского монастыря дало 6,49‰ O на поверхности (0,1° C) и 5,8‰ на дне (1° C). В Псковском озере

---

[1] Hoppe-Seyler, 1895, стр. 38. Для озер штата Висконсин см. интересную большую работу Birge a. Juday, 1911, стр. 25 и сл., 96 и сл.

[2] Эти наблюдения не делаются иногда, так как считаются неважными для характеристики озер. См. напр. Bourcart, 1906, стр. 35.

[3] Zuntz, 1900, стр. 311 и сл.; Bourcart, 1906, стр. 115 и сл.

[4] Delebecque, 1898, стр. 217 и сл.

[5] Опыты А. Лебединцева (1908 (1), стр. 100) над оз. Пестовом в Новгородской губ. показали, что 83% кислорода поглощается грязью дна (т. е. идет на чисто химические или биохимические реакции) и только 17% поглощается планктоном и рыбой.

[6] В. Лебедев, 1911, стр. 53; 1915 (приведены числа).

[7] Лебединцев, 1905 (2), стр. 228 и сл.; 1904, стр. 122; 1905 (1), стр. 36; 1913.

[8] Так, например, в оз. Пестовом Новгородской губ. 30 июня 1902 г. разница температуры поверхностного слоя и глубинного достигала 10°; благодаря этому вертикальная циркуляция воды замедлилась, и внизу количество кислорода достигло 0,28 см³ на 1 л (на поверхности — 6,33 см³) и т. д.— Лебединцев, 1904, стр. 118.

[9] Лебединцев, 1913, стр. 61 и сл.

кислорода больше: на поверхности —11,09‰, подо льдом 10,77—11,6‰. Подо льдом избыток кислорода получается от зеленых водорослей (*Melosera*)[1]. «В Псковском озере зимой слой воды от поверхности до 2 с лишним метров вполне насыщен кислородом». Придонный слой очень беден кислородом; уменьшение кислорода начинается с глубины 2 м.

337. В прудах мелкая органическая жизнь еще быстрее поглощает кислород, который не всегда возобновляется достаточно быстро диффузией из атмосферы. Имеющиеся наблюдения указывают на большие колебания и на значительное уменьшение кислорода в небольших замкнутых прудах, в которых идет гниение, или в затененных, очень богатых растительностью. О малом количестве кислорода в прудах, хотя кислород растворим в воде больше азота, обратил внимание уже Клаус (1839 (1), стр. 99), который для оз. Кабанного нашел 20,5% O.

Морран[2] нашел, что в прудах количество N не меняется, а O меняется обратно пропорционально CO_2. Количество O доходит до 25—61%, причем оно увеличивается при развитии низших организмов (по Моррану, не только зеленых, но и красных). Кислород выделяется в воздух, который обогащается им около прудов в этих случаях. По опытам Маршана[3], в затененных прудах (Франции) на 1 л выделяется около 22 см³ газов, но состав их аномальный — 20% O и 80% N. В то же время пруды, вода которых вся подвержена действию света, содержат на 1л до 26 см³ газа с почти нормальным количеством кислорода (33,5%).

Влияние жизни организмов еще резче сказывается в прудах нашего более холодного климата. В окрестностях Петербурга вода прудов летом более богата кислородом, чем вода Невы. К осени количество кислорода уменьшается в связи с уменьшением жизнедеятельности зеленых растений[4]. Еще бо́льшие колебания наблюдал для прудов Германии Кнаутэ[5]. Безлунной ночью количество кислорода в пруде достигало 2 см³ на 1 л воды, а днем оно колебалось между 7 и 22 см³. Причиной этого являлось развитие растительной жизни при действии света, даже лунного. Микроскопические растительные организмы выделяют при этом такие количества кислорода, которые могут в несколько раз — втрое — превысить его нормальные количества, связанные с поглощением кислорода из воздуха. Уже в течение нескольких часов они восстанавливают нарушенное ночью или в темноте равновесие и очищают воду пруда. Достаточно 5—6 часов темноты, чтобы накопленный ими кислород и кислород, поглощенный водой из воздуха, был нацело истрачен организмами.

Более новые работы Меринга[6], подтверждая наблюдения Маршана, указывают на существование для воды прудов более сложной зависимости и от атмосферных условий. Влияет не только температура и свет или органическая жизнь, но и состояние атмосферного электричества. Поэтому отклонения от теоретически вычисленной величины (зависящей только от температуры и барометрического давления) достигают огромных величин (например, 25,5 см³ вместо 7,71!), указывая на резкое влияние факторов, не играющих роли в опытах лаборатории.

---

[1] Лебединцев, 1913, стр. 62; Самсонов, 1912.

[2] A. Morren, 1841, стр. 456.

[3] Marchand, 1853, стр. 720—721. О влиянии организмов (планктона, рыб и т. д.) на режим газов (главным образом кислорода) в озерах см. Birge a. Juday, 1911.

[4] Покровская, 1890, стр. 9.

[5] Knauthe, 1898, стр. 804—805; Zuntz, 1900, стр. 311. Ср. Kuhlmann, 1911, стр. 36—37.

[6] Mehring, 1907, стр. 468 и сл.

Гораздо меньше, чем органическая жизнь с ее сложным циклом химических реакций или атмосферные влияния, отражается на составе газов загрязняющая деятельность человека. Однако вблизи больших городов это загрязнение чувствуется, раз оно постоянно возобновляется[1].

338. Газовый обмен в текучих водах, в реках, изучен очень мало, хотя он несомненно имеет большое значение в общей истории земной коры, так как реки представляют одну из форм циркуляции газов на земной поверхности: в своих истоках они обладают нередко иной температурой и давлением, чем в дальнейшем течении, приходят из более холодных мест и переносят таким образом кислород, ибо холодная вода поглощает больше кислорода, чем теплая. Аналогично метеорным осадкам, речная вода в общем является сильным окислителем.

С точки зрения газового режима надо выделить реки и ручьи высоких горных местностей, так как они поглощают газы под низким давлением. К сожалению, как раз эти воды мало изучены. Однако, повидимому несомненно, что эти воды, например в Альпах, значительно беднее газами, чем воды низин[2]. Спускаясь вниз, они поглощают газы воздуха.

В водопадах и горных ручьях нередко наблюдается пересыщение кислородом; например, до 10,47 см^3 на 1 л при 7° для Фюльбекке Шпере[3].

Немного лучше изучен газовый обмен рек наших высот. В реках, кажется, первые наблюдения были сделаны для Сены в начале XIX столетия Гей-Люссаком и Гумбольдтом. Эти наблюдения были позже повторены и развиты Поджиале. Но долгое время данные в этом направлении для других рек собирались очень медленно и лишь за последние годы главные реки как Западной Европы[4], так и России[5] стали в этом отношении изучаться более тщательно; к сожалению, и здесь определяется почти исключительно один кислород.

Несомненно, вода рек всегда содержит кислород, но его количество очень колеблется в связи с энергичными химическими процессами, местом которых является река. Как известно, реки, несмотря на то, что они захватывают огромные массы нечистот, всегда от них при своем дальней-

---

[1] См., например, наблюдения Г. Хлопина (1896, стр. 181) для прудов и озер Москвы и окрестностей, Ольмюллера (Ohlmüller, 1904, стр. 246) для озер около Шверина.

[2] A. u. H. Schlagintweit, 1850, стр. 19.

[3] Thienemann, 1912, стр. 6—7.

[4] Более старые, немногочисленные литературные данные см. у Lersch, 1864, стр. 43 и сл.; Lefort, 1873, стр. 356 и сл. Сверх того см. Boudet, 1864, стр. 238 Сена); Gérardin, 1872, стр. 1714 (Сена). Об аргоне в воде Сены см. Troost et Ouvrard, 1895, стр. 798; Reichardt, 1875, стр. 206 (Заале); „Anuaire de l'Observ. de Montsouris", Paris, 1888—1895 (Сена); Mütschler, 1899, стр. 484 (Аар); Heider, 1893, стр. 70 (Дунай); Spitta, 1900, стр. 218 (Шпре, Гавель, Рейн); Ohlmüller, 1904, стр. 288 (Рейн); Ogier et Bonjean, 1904, стр. 288 (Рейн); Ogier et Bonjean, 1906, стр. 356 (реки Франции); Grosse-Bohle, 1906, стр. 172 (Рейн); Grosse-Bohle u. Steuernagel, 1907, стр. 83; Mehring, 1907 (Одер); Kolkwitz u. Ehrlich, 1907, стр. 78 (Эльба и Заале); Tillmans, 1909, стр. 195 (Майн); Tidy, 1880, стр. 274 (английские реки); Parris a. Black, 1915, стр. 353 (р. Кем около Кембриджа).

[5] Клаус, 1839 (1), стр. 99 (реки Казанка и Волга); Доброславин, 1875 (Лиговка); Езерский, 1876 (Нева); Семенский, 1888 (Висла). Коцин, 1889, стр. 138; 1888, стр. 185 (Москва); Покровская, 1890, стр. 9 (Нева); А. Соколов, 1892, стр. 547 (Яуза); Г. Хлопин, 1896, стр. 114—181 (Москва, Клязьма, Чанка, Сетунь); Раммуль, 1900, стр. 1530; 1902, стр. 224 (Эмбах); Добровольский, 1906 (Нева); Киркор, 1907, стр. 172 и сл. (Рось); Г. Хлопин К. Добровольский, 1907, стр. 1570 (Нева); Г. Хлопин, 1911 (Нева); В. Лебедев, 1911, стр. 70—71 (реки Камчатка, Озерная); кислород выше нормы к осени, вследствие развития растительной жизни.

шем течении — уже вблизи места загрязнения — освобождаются. Часть этих посторонних тел поглощается организованными существами, часть осаждается на дно; но главные продукты загрязнения, органические вещества, изменяются химически, переходят в газы — разлагаются, сгорают, уходят. Очевидно, в этой химической работе рек (см. § 369) растворенный в них кислород играет огромную роль и его количество должно сильно меняться в зависимости от различных условий загрязнения, в каких находится река. Однако большая река, быстро текущая и все время охватываемая атмосферой, является далеко не тем, чем является замкнутый морской бассейн или даже океан в своих глубоких частях. Она может легко возобновлять свои запасы кислорода, и этим объясняется, что воды многих рек в известное время года, например Рейна (по исследованию Спитта, Гросс-Боле и др.) и Майна (по исследованию Тильманса), не только почти достигают насыщения, отвечающего данной температуре, но нередко являются пересыщенными кислородом. Это последнее обстоятельство связано с тем, что при повышении температуры вода не так быстро отдает кислород, который она поглотила при температуре более низкой; поэтому вода пересыщена кислородом после долгого холодного времени. Отчасти в связи с этим при замерзании реки и около 0° наблюдаются чрезвычайно резкие аномалии в количестве кислорода (например, наблюдения Меринга для Одера). В то же время зимой река медленно поглощает недостающий ей кислород.

Однако такие явления наблюдаются далеко не для всех рек; они находятся в тесной связи с общими условиями режима рек, зависят от физико-географических условий. Большая река нередко протекает через несколько климатических поясов и несет воды, насыщенные газами, при условиях, не отвечающих той местности, где они в данный момент протекают. К тому же и общие условия режима рек отличны и, например, реки, замерзающие или долго находящиеся подо льдом, обладают существенно иным режимом газов. Этим, вероятно, объясняется, что в Средней России реки подо льдом медленно теряют кислород[1], хотя вообще зимой реки богаче кислородом в тех случаях, когда их сообщение с атмосферой свободно.

В своем течении реки только местами и ненадолго, в пределах больших поселений, сильно обедняются кислородом. Так, например, по Миллеру, Темза в Кингстоне, выше Лондона, содержит 7,4 см³ кислорода в 1 л воды, а в пределах города (Вулвич) это количество падает до 0,25 см³, подымаясь вновь после выхода ее из Лондона.

Состав газов рек резко колеблется и в связи с метеорологическими осадками. Очевидно, реки в дождливых местах, постоянно получающие богатую кислородом дождевую воду, будут находиться в других условиях, чем реки пустынь, степей или бедных осадками областей. В мелких речонках или в стоячих участках больших рек наблюдаются все те явления, какие указаны для прудов и озер (§ 337). Очевидно, наконец, что вхождение подводных ключей, нередко не содержащих кислорода (§ 340), должно вносить местные изменения в газовый обмен рек.

Газы грунтовых вод озер Тегелл и Мюгельзее состоят главным

---

[1] См. Коцин, 1889, стр. 140. Раммуль (1902, стр. 235) объясняет этот вывод неточностью метода Коцина. Однако метод употреблялся одинаковый зимой и летом. Скорее, здесь влиял ледяной покров; ср. Киркор, 1907, стр. 215. Ср. для озер § 336.

образом из азота[1]. В Тегелле в среднем в 1 л воды содержится от 19,52 см³ N, что отвечает годовому содержанию в 400 000 м³.

339. Резко отличается от рек и озер выделение газов в источниках, по крайней мере в тех из них, которые не связаны с поверхностными реакциями земной коры (§ 342), в источниках вулканического или тектонического характера[2]. В них состав газов резко отличается от состава атмосферы и, несомненно, только отчасти генетически с ней связан. Значительная часть газов источников идет снизу или с боков их, связана со сложными химическими реакциями, идущими на земных глубинах. Мы имеем для газов здесь те же самые условия генезиса, как и для других составных частей источников: они тоже попадают частью сверху, с поверхности, частью снизу.

Газы содержатся в растворе во всех источниках; при этом мы впервые встречаемся здесь с типом природных газовых растворов, насыщенных при значительных давлениях. Такие источники, приходя в слои Земли с меньшим давлением, на земную поверхность, выделяют избыток газа в атмосферу, кипят. Холодные источники, насыщенные газом при температуре, более низкой, чем температура земной поверхности, точно так же, приходя в нее, неизбежно выделяют газы, ибо для более теплой температуры они являются пересыщенными газом[3].

Газы выделяют на земной поверхности и такие источники, которые не насыщены под большим давлением, но обогащены каким-нибудь газом не в соответствии с его количеством в земной атмосфере. Очевидно, при выходе на земную поверхность они будут обладать для этого газа бóльшим парциальным давлением, чем какое отвечает земной атмосфере, и неизбежно будут терять его. Не говоря уже о CO_2, H_2S, He, углеводородах и т. д., это явление должно иметь место на земной поверхности для источников, богатых азотом (§ 340). Но источники не только выделяют газы в земную атмосферу. Они нередко являются их поглотителями. Источник, бедный кислородом, азотом или углекислотой, выходя на земную поверхность, вбирает их из земной атмосферы, так как вводит в соприкосновение с атмосферой воду, содержащую иные газы, при иных, чуждых атмосфере условиях. Эта вода более или менее быстро приходит в равновесие с атмосферой, выделяя одни и поглощая другие газы. Тектонические и вулканические источники обычно на земной поверхности жадно поглощают кислород.

Источники должны считаться в земной коре сотнями тысяч. Так, например, на территории Северо-Американских Соединенных Штатов зарегистрировано более 10 000 минеральных источников, не считая более обычных и распространенных пресных или слабо минерализованных. Очевидно, в общей экономике земной коры и, в частности, в обмене свойственных ей газов источники должны играть огромную, пока не поддающуюся учету роль.

Газы не являются их случайной примесью. Они вызывают химические процессы и регулируют их ход, являются механической силой, ибо только благодаря им источники переходят из одной термодинамической оболочки земной коры (§ 13) в другую.

Частным случаем химических процессов, связанных с кислородом рек,

---

[1] Haacke, 1913, стр. 761.

[2] Вернадский, 1912 (1), стр. 151.

[3] Аналогичные явления должны наблюдаться и в океанах или реках, когда более холодные течения попадают в теплые края, или меняется температура воздуха, или река входит в более теплые местности. Динамика этих процессов очень сложна и мало изучена.

являются так называемые «заморы», или «ржавцы» рек Оби и Иртыша. Мелкие притоки этих рек богаты органическими соединениями и солями закиси железа; при соприкосновении с богатой кислородом водой большой реки эти соединения распадаются, кислород поглощается, и в тех случаях, когда процесс идет подо льдом, начинается гибель рыбы одновременно с выделением окисленных соединений железа. Явление это было впервые изучено Поляковым в 1877 г. для Оби[1].

340. Наибольшее значение в газовом обмене Земли имеют тектонические источники, идущие из более глубоких слоев литосферы. Для них характерным является бедность их кислородом. Огромное большинство таких минеральных источников даже совершенно не заключает кислорода.

Факт этот был открыт в 1784 г. Пирсоном для источника Бакстона[2] и был затем вновь подтвержден, уже в XIX столетии, для целого ряда других случаев, сперва Даубени[3], а потом и другими исследователями. Можно сказать, что отсутствие кислорода или нахождение его следов есть характерное явление для всех артезианских или глубинных источников[4]. Оно может быть объяснено тем, что кислород, поглощенный метеорными водами, по мере углубления их внутрь земной коры расходуется на разнообразные химические процессы, идущие в коре выветривания, связанные с явлениями окисления; возможно, однако, что вообще газы, исходящие из земных недр, свободного кислорода не содержат.

Однако, выходя на поверхность, источники быстро (§ 342) поглощают кислород. Поэтому, исследуя воду, бывшую в соприкосновении с воздухом, мы всегда найдем в ней кислород. Точно так же найдем кислород в источниках, получающих хотя бы часть воды с земной поверхности (вадозную), с небольшой глубины. Такой кислород в источниках уже был найден в начале XIX столетия Дёберейнером[5]. Очевидно, количество такого кислорода по отношению к азоту должно подвергаться чрезвычайным изменениям. Так, анализы Рейхардта[6] для германских источников дают колебания в отношении O : N от 1 : 2 до 1 : 24; само собою разумеется, количество кислорода может быть еще меньше, если мы примем во внимание некоторые горячие источники или артезианские воды[7].

Ибо, несомненно, есть источники и глубокие искусственные колодцы, совершенно не содержащие кислорода. Так, например, вода артезианского колодца под Парижем, в Гренелле, не содержит кислорода уже на глубине 4 м[8]; не содержит кислорода и вода глубоких колодцев Сен-Дени (60—140 м)[9], артезианского колодца около Гонессе (11 м)[9] и т. д.

---

[1] См. Богачев, 1908, стр. 279—281.

[2] Daubrée, 1887, стр. 3—4; Pearson, 1784.

[3] Daubeny, 1830; 1832, стр. 65; 1834, стр. 9.

[4] Я не предрешаю в этих обозначениях происхождения воды — может быть, она и не вполне ювенильная, а метеорная.

[5] Döbereiner, 1821, стр. 6.

[6] Reichardt, 1875, стр. 197 и сл.

[7] Есть немногие указания на то, что некоторые источники дают избыток кислорода, который мы не умеем сейчас объяснить и который указывает, может быть, на существование выделений свободного кислорода — при особых условиях — из земных глубин. Так, например, газ пресного источника в Нейбурге (департамент Эр во Франции) заключает, по Жакелену, 44,6% O и 55,4% N. Газ этот зажигает тлеющие тела (Lefort, 1873, стр. 360). Эти указания требуют проверки и заслуживают внимания. Ср. § 360.

[8] Peligot, 1857, стр. 373; Gérardin, 1874, ср. 1704.

[9] Gérardin, 1874, стр. 636.

Точно так же и естественные горячие источники Сардинии[1] или источник Бордё, заключающий 96,22% N, 2,56% Ar, 1,22% CH_4[2], совершенно не содержат кислорода и т. д.

Поэтому можно сказать, что тектонические источники являются выделителями азота в земной коре[3]. В газах кавказских источников, судя по анализам Р. Германа, мы имеем два резко выраженных типа: 1) более бедные азотом углекислые струи (Пятигорские, Железноводские, Кисловодские, Екатерининские, Павловские, св. Петра)[4] и 2) азотные (Кумагорские источники)[4].

К первому типу относятся также углекислые термы, расположенные по р. Тереку, в которых азот составляет заметную часть от CO_2 (от 0,3 см³ N: 2 см³ CO_2 до 0,6 см³ N:1,7 см³ CO_2). В газах Эльбрусского Нарзана (Нальчикский окр.) в углекислой струе находится 0,1% N[5]. Газы, выделяющиеся при кипении источника в Москве, представляют углекислую струю; в 100 объемах воды при 10° содержалось 66,75 объема газа, в том числе 2 азота и 0,15 кислорода[6].

К азотному типу относятся газы Старогортовских источников (Терская обл.), состоящие главным образом из азота[7]. Газы Михайловского источника (Терская обл.) содержат 40,397% N, 0,130% O и 46,144% CH_4[8]. Газ Богатырского источника № 3 из Абас-Туманских источников (Тифлисская губ.) заключает по объему 79,8% N и 20,2% CO_2[9].

Источники около Торопца выделяют газ, состоящий из азота и небольшого количества CO_2[10].

Газы Сергиевских минеральных вод (Самарская губ.) изучал К. Клаус (1839 (2)).

В артезианских водах *Бердянского у. Таврической губ.* (в метановых струях), например около Атманая, совсем не указан азот и наблюдается по объему 1,10% O и «неопределенный остаток» — 0,61%, может быть, — азот[11].

В *Елисаветпольской губ.*, в *Нухинском у.*, газы, выделяющиеся из Хновских минеральных вод, состоят, повидимому, из смеси CO_2 и N[12].

В газах тектонических источников азот обычно резко преобладает; так, например, горячие источники Яловы в Малой Азии выделяют 97% N и 3% O[13], Градачаца в Боснии —96,17% N и 0,3% O[14]. Олово, там же, — 84,8% N и 4,2% O[14], Малой Киселицы, в Боснии же, — 96,8% N (без кисло-

---

[1] Bornemann, 1857, стр. 181.

[2] Moissan, 1906, стр. 180.

[3] Возможно даже, что весь кислород или значительная его часть в анализах тектонических и вулканических источников зависит только от недостаточной осмотрительности при взятии и хранении проб для анализов: кислород попал из воздуха. Список источников, выделяющих азот, см. Schlenck, 1907, стр. 168; Д'Англада (D'Anglada, 1821, стр. 113 и сл.) допускал разное происхождение азота в термах, склоняясь к происхождению его из воздуха или в связи с воздухом. В сернистых источниках кислород исчезает благодаря воздействию H_2S.

[4] Р. Герман, 1831, стр. 363, 366, 369, 372, 377, 379, 380.

[5] Коншин, 1899, стр. 138.

[6] Р. Герман, 1842, стр. 183.

[7] Абих, 1865, стр. 13.

[8] Абих, 1867, стр. 400.

[9] Скоров, 1866, стр. 106.

[10] Гесс, 1825, стр. 34.

[11] Константов, 1915(1), стр. 15.

[12] Абих, 1866, стр. 82.

[13] J. L. Smith, 1851, стр. 368.

[14] F. Ludwig, 1891, стр. 114 и сл.

рода)[1], Абано в Италии — 75,7% N[2] и т. д. Все это источники тектонического характера, но не менее богаты азотом вулканические источники; так, азот всегда выделяется в гейзерах, например, газы гейзеров Исландии содержат до 99,5% N[3].

Хотя количество выделяющихся в этих случаях газов колеблется в зависимости от атмосферного давления и общего богатства источников растворенными газами, несомненно, что этим путем даже отдельный источник может дать в атмосферу большие массы азота. Прямых измерений мы имеем мало, но, например по Генриху[4], далеко не очень богатые газами Висбаденские источники выделяют: Шютценхофквелле в среднем в час 50 л азота, Хауптшпрудель — 64 л. Если бы мы могли подсчитать эти количества для всех многих сотен тысяч источников этого типа в земной коре, то получились бы колоссальные цифры, так как процесс идет неуклонно, без перерыва, столетия и тысячелетия для отдельного источника.

341. Наряду с азотом, в таких источниках чрезвычайно часто, а может быть всегда, наблюдаются благородные газы. Для них источники являются одной из главных форм нахождения в земной коре. К сожалению, генезис этих газов в источниках совершенно неясен. Несомненно, они не могут происходить из атмосферы; наоборот, часть благородных газов, содержащихся в атмосфере, происходит, вероятно, из источников. Надо думать, что газы эти попадают в источник снизу, являясь результатом происходящих там химических реакций или превращений, или представляют последние следы прежней космической стадии нашей планеты[5].

Уже вскоре после своего открытия аргон был найден Рэлеем и Рамзаем[6] в воде Батского источника в Валлисе в количестве, меньшем, чем сколько его содержится (по отношению к азоту) в воздухе. В том же году он был найден, в количествах по сравнению с воздухом бóльших, в гейзере Исландии[7].

Эти наблюдения были вскоре подтверждены и расширены. Особенно исследования Мурё и Бикара[8] показали, что аргон открывается при внимательном исследовании во всех источниках; так, они нашли его во всех 43 изученных ими источниках Франции и Бельгии. Точно так же во всех изучавшихся с этой целью (22) источниках найден в ничтожных количествах и неон[9]. Обычно аргон находится в количествах меньших, чем в воздухе, однако известны источники, содержащие до 2,56% аргона,

---

[1] F. Ludwig, 1891, стр. 114 и сл.

[2] Nasini e Anderlini, 1895, стр. 508; 1898, стр. 100.

[3] Bunsen, 1851 (1), стр. 258; 1877, стр. 79; Torkelson, 1910, стр. 49.

[4] Henrich, 1908, стр. 4206.

[5] На основании наблюдений Мурё и Бикара, Вальтер (W. Walther, 1911, стр. 178) считает возможным заключить, что аргон источников происходит из воздуха, так как отношение Ar : N колеблется от 0,90 до 1,83. Уменьшение отношения он связывает с образованием в нижних слоях атмосферы деятельного азота — N_2 (ср. § 320). Этому объяснению противоречит история гелия.

[6] Rayleigh a. Ramsay, 1895 (3), стр. 227; Rayleigh, 1896 (2) стр. 206; 1896 (3), стр. 56; Bouchard, 1895, стр. 392; Kayser, 1895, стр. 89; Moureu, 1913, стр. 67 и сл.

[7] Kellas a. Ramsay, 1896, стр. 69.

[8] Moureu, 1906, стр. 1155; 1913, стр. 116, 122; Moureu et Biquard 1906, стр. 180.

[9] О неоне в Висбаденских источниках см. Henrich, 1908, стр. 4202. Заметные количества неона наблюдались в Батском источнике (0,24% всего азота) — Masson a. Ramsay, 1912, стр. 1370.

и нередки с содержанием 0,9—1,8%[1]. Количество аргона колеблется в пределах от 0,0027% для Виши до 1,643% для Пломбьер[2].

Сравнение содержания аргона для струй (в объемн. %):

Углекислых	от 0,302	Виши (Целестин)
	до 0,0042	Виши (Шомель)
Углекисло-азотных	0,45	Бурбон л'Аршамбо
Азотных	от 0,72	Сантеней (Литиевый)
	до 1,643	Пломбьер (Вокелен)

Уменьшение аргона заметно в азотных, богатых гелием струях.

Некоторые источники дают огромные количества аргона (со следами криптона и ксенона) в год, считая их дебит. Надо иметь в виду, что это числа минимальные, так как не принимается во внимание аргон, растворенный в вытекающей воде.

Ла-Алиседа (Сан-Жозеф), Испания	75 477 л в год (1,015% по объему Ar) —азотная струя
Ла-Бурбуль (Шусси)	30 484 л в год (0,010 по объему Ar) — углекислая струя
Нерис (Сезар)	30 830 л в год (0,88 по объему Ar) — азотная струя

В общем, количества аргона очень велики[3]. Так, годовой дебит аргона в 22 источниках, изученных Мурё, равен 162 190,3 л. Нахождение аргона в меньшем количестве является, повидимому, признаком более глубинных вод; оно заслуживает внимания, так как аргон более растворим в воде, чем азот.

Позже были спектроскопически открыты в источниках и другие благородные газы, криптон и ксенон, сперва в газах, богатых гелием, выделяющихся в источнике Мезьер[4] (§ 391), позже во многих других. Наблюдения Мурё и Лепапа указали на нахождение их в 26 источниках Франции — во всех, в которых они их искали[5]. Остроумными приемами удалось Мурё и его ученикам количественно измерить ничтожные количества благородных газов источников. При этом оказалось, что отношения различных благородных газов подвержены чрезвычайно малым колебаниям; так, отношение между количествами аргона и криптона в газах источников остается почти постоянным и наблюдаемые колебания в содержании криптона очень незначительны. При этом отношение криптона к аргону в газах источников почти совпадает с отношением этих газов друг к другу в воздухе. Оно, однако, немного выше[6]. Отношение Kr : Ar для воздуха = 1,1—1,8, а для разных струй:

	Kr : Ar макс.	Kr : Ar мин.	Количество анализов
Азотных	1,5	1,1	15
Азотно-углекислых	1,5		1
Углекислых	1,8	1,4	3

Как будто Kr больше в углекислых. Точно так же и для ксенона обычное отношение между ксеноном и аргоном для газов источников

[1] Moissan, 1902, стр. 1279. См. обзор аналогичных наблюдений у Prandtl, 1906, стр. 159—160, 822.

[2] Moureu, 1913, стр. 122, 124.

[3] Там же

[4] Moureu et Biquard, 1906, стр. 796.

[5] Moureu et Lepape, 1909, стр. 1174. Ср. также Massol, 1910, стр. 1125 (Юриаж в департаменте Изер).

[6] Moureu et Lepape, 1911 (1), стр. 934.

больше, чем для воздуха. В среднем их отношение в источниках равно 1,6, если принять за единицу их отношение в воздухе. Любопытно, что числа эти мало колеблются (1,2—2,5)[1]. Точно так же существует постоянство отношения Xe : Ar источников и Xe : Ar воздуха. Я располагаю их по струям:

	Xe : Ar макс.	Xe : Ar мин.	Число источников
Азотные	1,9	1,2	13
Азотно-углекислые . .	1,6		1
Углекислые	2,5	1,9	3

Здесь мы наблюдаем то же самое: увеличение ксенона в углекислых струях по отношению к аргону, аналогично тому, что наблюдается для криптона.

В сущности, мы наблюдаем это и для аргона по отношению к азоту:

	Ar : N макс.	Ar : N мин.	Число источников
Азотные струи	1,41	0,64	52
Азотно-углекислые	0,77	0,65	2
Углекислые	2,85 (1,69)	0,97	10 (9)

Величина 2,85 для Виши (Гранд-Гриль) требует проверки[2]. Постоянство этих величин и их незначительные колебания резко отличают благородные газы от гелия (§ 391). Постоянство это Мурё объясняет неизменной во все века химической инертностью благородных газов; он пытается на этом основании строить космогонические предположения[3], выводящие нас из области научно изученного.

В общем, эти выводы Мурё и Лепапа были подтверждены независимо шедшей работой Торкельсона над газами источников другого типа — горячих источников Исландии. И здесь количество аргона оказалось несколько больше по отношению к азоту, чем в воздухе; везде найден неон и т. п.[4].

Количество благородных газов (вместе с гелием), выделяемое источниками, огромно. Для одних Висбаденских источников, по Генриху[5], в час выделяется от 4 до 8,5 л благородных газов.

342. Кроме минеральных источников, вода собирается на земной поверхности в источниках поверхностного происхождения. Это чисто вадозная вода. Такие источники, являясь нередко очень мелкими вместилищами воды, иногда отличаются по своему составу от обычных вод, например тогда, когда они связаны с деятельностью человека. Так, вода около фабрик (например вблизи Москвы) иногда совершенно не заключает в растворе кислорода[6], аналогично воде минеральных источников во время выхода их на земную поверхность.

В случаях обычных ключей мы имеем в их воде количество кислорода, аналогичное его содержанию в дождевой воде (§ 330). Обычно, однако, его несколько меньше[7]. Объясняется это тем, что эти источники находятся в постоянном общении с атмосферой, ею проветриваются на значительном протяжении.

---

[1] Moureu et Lepape, 1911 (2), стр. 742; 1914 (1), стр. 358.
[2] Там же.
[3] Moureu, 1911, стр. 65; 1913, стр. 134—136, 139.
[4] Torkelson, 1910, стр. 255.
[5] Henrich, 1908, стр. 4206.
[6] Коцин, 1889, стр. 156.
[7] Lersch, 1864, стр. 44.

Выйдя на земную поверхность, все эти источники, аналогично рекам, озерам, прудам, поглощают из воздуха кислород. Поглощение кислорода начинается в них немедленно, как только они войдут в соприкосновение с воздухом; через немного часов содержание кислорода становится нормальным, достигается насыщение[1]. Органическая жизнь играет в их газовом обмене ту же роль, какую она играет в прудах или в текущих реках. Может быть, только эта роль выражена менее ярко.

343. Помимо воды, наблюдаются в природе и другие жидкие растворы газов. Однако они не имеют значения в истории Земли, ибо большинство жидких минералов играет в земной коре ничтожную роль.

Только магмы и нефти должны быть приняты во внимание, ибо они, особенно магмы, заключают огромные количества газов, несомненно бо́льшие, чем те, какие содержатся в воздухе или в водных растворах.

Лишь малая доступность магм для непосредственного исследования не дозволяет нам иметь ясное представление о значении в природе их газового режима. Нахождение элементарных газов воздуха в магмах, особенно азота и аргона, несомненно, так как мы знаем, что они выделяются в значительном количестве при вулканических извержениях и при застывании магмы (§ 354). Гораздо сомнительнее нахождение среди этих газов кислорода. Целый ряд химических указаний противоречит его присутствию в свободном виде; даже если бы он выделялся в форме испарений, он должен был бы немедленно поглощаться магмой, входя в ее соединения.

Точно так же быстро входит в соединение кислород и в нефтях. Судя по составу выделяющихся и сопровождающих их газов (§ 357), азот находится в растворе в нефтях в заметных количествах.

Как генезис всех этих газов, так и связанные с ними химические реакции во многом для нас неясны и сейчас неизвестны даже в общих чертах.

344. Другие формы нахождения элементарных газов в литосфере — твердые растворы и газообразные скопления и сгущения — должны быть рассмотрены вместе, ибо в очень многих случаях мы не можем отличить газы, находящиеся в мелких порах или сгущенные на поверхности тел, от твердых газовых растворов. В частности, нельзя не отметить, что природные твердые газовые растворы известны очень мало; к ним, вероятно, должны быть, например, причислены некоторые случаи нахождения газов (главным образом благородных) в минералах (ср. §§ 352, 388 и сл.).

В огромном большинстве природных случаев нахождения газов в литосфере мы будем иметь дело не с твердыми их растворами, а с таким их нахождением, которое дает все переходы к заведомым газовым скоплениям или сгущениям. Однако все же во всех этих случаях, говоря о нахождении газов в мелких, микроскопических размеров порах, мы должны допускать, что, может быть, часть этих случаев будет в конце концов отнесена к твердым растворам.

Еще меньше можно отличить газовые скопления, т. е. заполнения газом замкнутых полостей в твердых телах, от газовых сгущений, т. е. от газов, удерживаемых поверхностными силами твердых тел, хотя бы газы эти находились в соприкосновении с газообразной средой, например с атмосферой (явления окклюзии).

Нельзя не отметить, что породы, богатые газами в той или иной форме их концентрации, собираются в особых участках земной коры, в газо-

[1] Lefort, 1873, стр. 365 и сл.

вых областях, которые могут дать выход накопленным газам в виде разного рода газовых струй[1] (§ 355).

Формы нахождения в природе газовых сгущений и газовых скоплений чрезвычайно разнообразны. Можно различить среди них чисто поверхностные образования, образования, связанные с высокой температурой (газы вулканических процессов) и, наконец, газовые выделения, связанные с явлениями изостазиса, механических и химических процессов в земной коре, вызванных изменением давления (тектонические струи).

345. Наиболее нам доступными — но далеко не наиболее изученными — являются газовые скопления и газовые сгущения поверхностного образования. Генетически они различны. С одной стороны, благодаря тому, что природные жидкости переполнены газами, при их застывании всегда образуются продукты, в порах которых заключается часть газов, бывших в жидкости. В природе эти явления резко проявляются в истории воды. С другой стороны, рыхлые твердые продукты, собираясь на Земле в заметном количестве, поглощают газы атмосферы под влиянием действия поверхностных сил (окклюзия газов). Поэтому процессы выветривания и механического распадения горных пород всегда сопровождаются газовыми сгущениями. Роль этих сгущенных газов в химической истории выветривания и в процессах биосферы едва ли может быть преувеличена.

346. Остановимся сперва на поверхностных газовых сгущениях первого типа. Всякое превращение воды в снег и в лед, их перемещение на земной поверхности, их таяние и испарение сопровождается разнообразными явлениями газовых изменений. При этом идет процесс частью химический, а частью механический; это резко видно по изменению состава газов, так, например, количество кислорода в газах снежных скоплений меньше, чем количество его в атмосферном воздухе.

Каждое скопление снега — в полярных странах, на вершинах гор, зимой в наших широтах — сопровождается газовыми сгущениями. Наблюдений, к сожалению, сделано мало. По Николе и Фохту, в 1 кг фирнового снега Альп находится 64 см^3 газов воздуха[2]. Воздух в порах снега отличается по составу от обычной атмосферы: в нем значительно меньше кислорода. Так, по Буссенго, воздух в снегу Чимборасо дал 16—17% кислорода, по Бишофу, в фирне Альп 10—11% кислорода. Это уменьшение, может быть, зависит от растворения кислорода в снежной воде[3].

Еще больше газов находится во льду. Лед всегда пузырист, т. е. заключает поры, заполненные газом. При застывании воды, содержащей газы в растворе, часть этих газов выделяется, насыщает остающийся маточный раствор и сосредоточивается в порах. Другая часть выделяется при застывании в свободном состоянии[4]. Очень возможно, что некоторая часть газов остается в твердом теле в растворе. К сожалению, у нас нет точных опытов, которые давали бы данные для определения этого процесса в том случае, когда в растворе в жидкости находятся газы, различно в ней растворимые. Повидимому, кислород и азот удаляются различно из воды при ее застывании. Состав газа в порах льда, судя, правда, по немногим определениям, отличен от состава воздуха или газов, растворенных в воде. Так, по Гамбергу[5], газы в порах пловучей льдины заключали 24—

[1] Вернадский, 1912 (1), стр. 145.
[2] Agassiz, 1842, стр. 89.
[3] Boussingault, 1841, стр. 318.
[4] Maw, 1886, стр. 325; G. Karsten, 1896, стр. 177.
[5] См. Krümmel, 1907, стр. 506.

26% кислорода. По исследованиям Фохта и Николе[1], в 1 кг белого пузыристого фирнового льда Альп находится 15 см³ воздуха, в 1 кг синего ледникового льда 1 см³ воздуха. Анализы Шлагинтвейтов показали, что воздух пор ледникового льда Альп содержит всего по весу 18,3% O и 81,7% N, причем растаявшая вода (поглотившая часть воздуха пор) уже несет нормальные количества —31,7% O и 68,3% N[2]. Точно так же анализ газов пор ледников Гренландии дал Христенсену[3] 16,8% O и 83,2% N в воздухе, сосредоточенном в рыхлых твердых породах, например в почвенном воздухе. Нельзя, однако, не отметить, что как раз для воздуха, собирающегося во льду, отпадает одно из обычных объяснений исчезновения кислорода— влияние органической жизни. Для его объяснения или надо допустить энергичные химические реакции окисления той пыли, какая захвачена ледником, или возможность образования богатого кислородом твердого раствора во льду, или уноса кислорода в маточном растворе, остающемся после кристаллизации льда в ледяной воде.

347. Помимо нахождения в снегу и льду, газы собираются и во всех других поверхностных частях литосферы. Очевидно, их много скопляется в рыхлых продуктах: с одной стороны, в горных породах, с другой — в почвах и в аналогичных почвам грязях (осадках морского, речного, озерного дна). Несомненно, обе эти формы нахождения газов должны быть различны, так как почвы и грязи являются местом своеобразных химических, главным образом биохимических, реакций, тогда как рыхлые породы (россыпи, пески и т. п.) представляют химически более инертную среду. К сожалению, нам известен, и то лишь в туманных, общих чертах, состав газов только почв и грязей.

Состав и свойства почвенного воздуха резко отличаются от обычного воздуха атмосферы. Эти различия вызываются: 1) явлениями абсорбции, 2) химическими процессами, идущими в почвах при участии почвенных вод, и 3) жизнедеятельностью организмов, главным образом микроорганизмов.

Разделить влияние этих причин мы не умеем. Явления абсорбции газов, повидимому, общи всем рыхлым продуктам, хотя не исключена возможность и здесь большого влияния некоторых химических веществ, собранных в почвах. В почвах, несомненно, идут разнообразные реакции поглощения газов химическим путем. Эти реакции отчасти должны подчиняться законам окклюзии газов, например, когда они вызываются коллоидальными свойствами входящих в состав почв веществ и когда поглощение кислорода и азота в почве происходит за счет гумусовых веществ или гидратов окиси железа (эти последние поглощают азот). Поглощение азота гидратами окиси железа может быть связано с тем, что азотобактерии особенно развиваются в присутствии коллоидальных гидратов окиси железа и гуматов натрия[4]. С другой стороны, в некоторых почвах происходят чисто химические реакции обычного характера, связанные с поглощением газов, например окисление соединений закиси железа и марганца, лишь иногда зависящие от жизнедеятельности организмов. Наконец, все без исключения многочисленные биохимические реакции в почвах связаны с газовым обменом, т. е. с изменением почвенного воздуха.

---

[1] См. Agassiz, 1842, стр. 89.
[2] A. u. H. Schlagintweit, 1850, стр. 20.
[3] См. Steenstrup, 1883, стр. 98.
[4] Praźmovski, 1912, стр. 924.

Все эти разнообразные процессы в конце концов создают особую газовую среду почв, отличную от газов атмосферы, так называемый почвенный воздух.

Состав почвенного воздуха[1] был впервые точно установлен в 1824 г. Буссенго, который указал на значительные колебания, какие он испытывает в разных почвах. В почвенном воздухе, по наблюдениям Буссенго и Леви[2], количество углекислоты колеблется от 0,74 до 9,74%, кислорода — от 10,35 до 20,03%, азота — от 78,8 до 80,24%. Из этих чисел ясно, что количество азота остается мало изменяющимся по сравнению с азотом атмосферы; главное изменение идет за счет кислорода, который замещается углекислотой. В общем, наблюдения Буссенго были подтверждены дальнейшими работами, которые собрали довольно много эмпирического материала[3].

К сожалению, этот материал научно мало ценен; им очень трудно пользоваться с точки зрения химической истории земной коры, так как анализы почвенного воздуха не приноровлены к естественным видам почв. Почвенный воздух большинства естественных почв (например, чернозема) неизвестен. А между тем теоретически ясно, что почвенный воздух чернозема, латерита, подзола, болотистых почв не может быть одинаков, как неодинаковы идущие в этих почвах химические процессы. Здесь сейчас открывается перед нами огромная область, ожидающая исследователя.

Эти исследования нужны особенно потому, что в почвах мы имеем, повидимому, своеобразные аппараты, задерживающие газы, подымающиеся из глубин, и регулирующие их вхождение в атмосферу, причем весь процесс меняется в разных почвах и в разных климатических местностях земной поверхности.

Помимо таких изменений общего характера, в почвах несомненно происходят колебания в их газовой части и в зависимости от более частных причин. Так, несомненно, количество кислорода уменьшается при усиливающихся химических процессах в почве, вызываемых культурой, например при унавоживании. Немногие опыты Лидова и Фокина дали для почв под Харьковом резкое различие в газах парниковой почвы и «естественной», ближе не определенной почвы. Во второй количество CO_2 колебалось в апреле и мае от 0,1 до 2%, а кислорода—от 13,4 до 20,9%. Парниковая почва содержала 35% CO_2 и 1,4% O. Числа эти не совпадают с результатами Буссенго и Шлезинга; вопрос настоятельно требует исследования[4]. Количество кислорода не может быть одинаковым в разные времена года или в сухие и влажные периоды. В Индии в сухое, жаркое время в почвах 16—18% O, во влажное, холодное 8—12%. В почве рисовых полей меньше 1% O и 84,2% N[5].

В общем, почвенный воздух, дающий на 100 г почвы в среднем 20—50 см³ газа, всегда богат угольной кислотой и азотом и относительно беден кислородом, который постоянно поглощается во время идущих в почве процессов. На 100 объемов свободного воздуха почв содержится 0,25 CO_2 и 20,6 O_2. Можно в почве различить две атмосферы: 1) заполняющую поры, богатую CO_2, в которой отношение O : N равно отношению их в атмосфере, и 2) поглощенную, трудно выделяемую, бедную или

---

[1] Mitscherlich, 1905, стр. 222 и сл. (литература случайная); Döbrich u. Reichardt, 1868, стр. 181.

[2] Boussingault et Lewy, 1853, стр. 11 и сл.

[3] T. Schloesing, 1891, стр. 375 и сл.

[4] Лидов, 1907, стр. 215—216.

[5] Leather, 1915, стр. 85.

лишенную кислорода, состоящую из CO_2 + N, в конечном результате из CO_2. В ней до 99,3% CO_2 от 0 до 15,1% O и от 0,7 до 84,8% N[1]. Точно так же и количество аргона в почвенном воздухе меньше атмосферного[2].

348. Не менее резко исчезновение кислорода в аналогичных почвам образованиях, покрывающих дно водных бассейнов, — в естественных грязях. Однако, как мы знаем, характер химических реакций здесь иной; здесь идут энергичные восстановительные реакции, возможные лишь в отсутствии свободного кислорода. Немногочисленные прямые определения газов грязей вполне подтверждают этот вывод.

В грязях рек газы собираются в большем количестве в иле вблизи берегов, может быть, в связи с движением водяной струи. Наблюдения Жерардена для ила Сены совсем не дали кислорода (главным образом наблюдались в нем углеводороды); Спитта[3] для Шпре наблюдал иногда в иле дна небольшие количества кислорода, доходившие до 3,29%, иногда его не было и следа. Эти газы богаты углеводородами, иногда CO.

В озерных грязях Боденского озера, по Гоппе-Зейлеру[4], содержится до 54,4% N и временами совсем нет кислорода.

Судя по указанным раньше колебаниям в составе газов морей у их дна (§ 334), состав газов морских грязей морей и океанов должен резко отличаться от состава газов морской воды. На это указывают и химические процессы, идущие на морском дне, например выделение самородной серы (§ 259), образование соединений закиси железа и т. д.

Своеобразный тип грязей представляют грязевые почвы, почвы, заливаемые водой, как, например, почвы рисовых полей. В этих почвах не только наблюдаются газы, в них собранные и растворенные в воде, но эти газы собираются и выделяются в атмосферу. Эти газы были изучены на полях Южной Индии и состоят они или из метановых испарений (15—75% CH_4), или из азотных (10—95% N); кроме того, они содержат O, CO_2, H_2. Замечено изменение газов в зависимости от употребления зеленого удобрения. В природных заливаемых почвах рисовых полей преобладает метан с меньшим количеством N и некоторым количеством CO_2 и H_2. В удобренных почвах количество N увеличивается, CH_4 уменьшается, H_2 почти исчезает. Количество кислорода колеблется от 0 до 3,4% газовой смеси[5].

На поверхности почвы состав газов иной, чем в самой почве. Благодаря тонкому слою водорослей образуется слой, постоянно выделяющий кислород, и газы, испаряющиеся с поверхности почвы, состоят только из азота и кислорода. Этот тонкий слой, обогащенный кислородом, имеет большое значение для жизни растений. В тонкой поверхностной пленке мы имеем кислородное испарение, так как кислород является в ней главной составной частью. Кислород пленки окисляет CH_4 и H_2 почвы, превращая их в H_2O и CO_2. Он растворяется в воде и, обтекая корни растений, эта вода, проникающая в почвы, играет крупную роль. (Любопытно, что мы имеем здесь слой, обогащенный кислородом, аналогично поверхности океанов,— см. § 332.) По Гаррисону и Субраманиа Айер[5]: «Эти почвы покрыты тонким слоем воды, которая находится в постоянном движении, и, будучи в соприкосновении с воздухом, благодаря

---

[1] F. Russell a. A. Appleyard, (1915) 1920, стр. 1—44; Albert, 1910, стр. 332.
[2] T. Schloesing, 1895, стр. 525.
[3] Spitta, 1900, стр. 279.
[4] Hoppe-Seyler, 1886, стр. 209.
[5] Harrison a. Subramania Aiyer, 1913, стр. 65, 88; 1914, стр. 14.

этому почти всегда насыщена кислородом такого же парциального давления, как воздух атмосферы. Этот слой воды служит переносчиком кислорода к поверхности почвы, и приток его к последней нисколько не уменьшается».

349. Процесс исчезновения кислорода, заметный уже в почвах, все более усиливается по мере перехода от почвы в подпочву. Здесь мы выходим уже из пределов прямого воздействия биохимических процессов, идущих в почвах или грязях, и переходим в область химических процессов рыхлых осадочных пород.

К сожалению, у нас нет прямых определений газов осадочных пород, взятых с значительных глубин и не бывших в соприкосновении с атмосферой. Для подпочвы с небольшой глубины заметно уменьшение кислорода; так, например, по опытам Флекка, на глубине 6 м подпочвенный воздух содержит всего 15% кислорода. Фодор на глубине 4 м наблюдал его всего 17,3% [1]. Это уменьшение, очевидно, уже не связано прямо и непосредственно с жизнедеятельностью организмов; подобно тому, как мы наблюдали это для источников (§ 340), оно связано с химическими процессами, поглощающими кислород.

Очевидно, тот же процесс должен идти дальше, при углублении в осадочную оболочку земной коры. На известной глубине в осадочных породах воздух должен состоять только из азота; кислород должен совсем сойти на нет.

Существование такой нижней границы свободного кислорода — кислородной поверхности земной коры (§ 14) — было обнаружено давно; очень ярко высказал эту мысль Гоппе-Зейлер [2]. Существование такой границы может быть доказано изучением химических и биохимических реакций земной коры, характером артезианских вод и вод источников; но, конечно, были бы желательны новые прямые определения газов осадочных пород [3].

Мы имеем такие определения только для измененных осадочных пород. Более глубинные метаморфизованные осадочные и обломочные породы, кварциты, песчаники, сланцы, гнейсы были исследованы на газы Чемберленом; они давали обычно небольшие количества газов, в том числе и азот, который составляет иногда до 42% всех газов в кварцитах и песчаниках. Кислорода они никогда не заключают [4].

Происхождение этого азота различное. С одной стороны, он должен находиться в обломочных и осадочных породах уже потому, что они образуются из пород массивных или магматических.

Но, помимо этого, азот может попадать в них и иным путем — при новообразовании минералов в осадочных породах в атмосферной среде. Такой азот находится, например, в видных глазу пóрах каменной соли. В газах каменной соли из Тис в окрестностях Мидлсбро в Англии находится 1,3% кислорода, 97,5% азота и 1,2% аргона [5]; но кислород мог попасть случайно, при взятии пробы, из воздуха. В каменной соли Румынии на 1 кг соли выделяется от 0,14 до 110,86 см³ газа. Этот газ иногда состоит почти целиком из азота (до 92,18%), иногда в нем преобладают углеводороды (причем количество азота колеблется от 5,05 до 29,9%).

---

[1] См. Soyka, 1887, стр. 69; T. Schloesing, 1891.

[2] Hoppe-Seyler, 1881, стр. 25.

[3] Старые определения для глин неизвестных местностей дают 13,3—17,1% O — см. Döbrich u. Reichardt, 1868, стр. 196 и сл.

[4] R. Chamberlin, 1908, стр. 24—25.

[5] Bedson a. Shaw, 1895, стр. 48.

Кислород присутствует всегда (0,6—18,7%). Характерно отсутствие углекислоты и аргона. Такой химический состав заставляет отбросить предположение о происхождении этого газа из воздуха или газов воды и искать химического объяснения, например, образования этих газов разложением микроорганизмов[1].

Но осадочные породы получают газы и чисто физическим путем. В рыхлой стадии своего существования они играют роль поглотителей и собирателей. Вокруг их отдельных зернышек и частиц образуется своя газовая атмосфера, повидимому и по составу отличная от окружающего воздуха. Ни механика, ни закономерности этого процесса не являются для нас ясными, но он должен играть видную роль в земной коре[2]. Собираемые осадочными породами газы — разного происхождения: они попадают из атмосферы, образуются при химических процессах, идут снизу, из земных глубин. При метаморфизации осадочных пород часть этих окклюдированных газов ими удерживается.

350. Гораздо большее значение в общем газовом обмене земной коры, чем газы льда, гидрометеоров или рыхлых и осадочных горных пород, имеют газовые скопления и сгущения, может быть, твердые растворы других, более распространенных и обычных пород литосферы — пород массивных и метаморфических.

Нахождение газов в порах минералов и горных пород было впервые указано в первой четверти XIX столетия Брюстером и Дэви, но обратило на себя внимание и получило значение только в конце XIX—начале XX века[3]. Первые указания на химический состав этих газов были сделаны уже Дэви и позже Зиммлером (в 1858 г.), который определил нахождение в порах пород углекислоты. Кажется, указания на возможность нахождения в них простых газов воздуха, именно азота, уже данные Дэви, были вновь сделаны, однако только в 1881 г., Райтом[4], который нашел 1,67% N в газах кварца из Бранчвилла, в Коннектикуте.

Все определения, какие с тех пор были сделаны,— а их много, так как изучение выделяемых газов получило большое значение в вопросах вулканизма и радиоактивности,— возбуждают большие сомнения с методологической точки зрения. Газы определяются путем извлечения их в безвоздушном пространстве при значительном нагревании порошков пород. Можно было думать поэтому, что газы, при этом выделяемые, являются следствием происходящих в породах при нагревании химических реакций, а не находятся, как таковые, в свободном состоянии (в растворе[5] или в порах) в породе. Любопытные и разнообразные опыты в этом направлении, сделанные Готье[6] и Чемберленом[7], доказывают с несомненностью существование таких реакций. Более новые и важные опыты Брена отнюдь этому не противоречат. Поэтому должно считаться сейчас несомненным, что анализ таких газов не дает нам простого представления о тех газах, которые находятся в естественном состоянии в горной породе.

---

[1] Costachescu, 1906, стр. 3 и сл.

[2] Одна из немногих работ о влиянии песка на поглощение газов — Spring, 1903, стр. 25 и сл. О газах (частично об азотных струях) в месторождениях калиевых солей см. Scheerer, 1911, стр. 204 и сл.

[3] См. исторический очерк у R. Chamberlin, 1908, стр. 3 и сл.; Pamfil et Baume, 1912, стр. 497 и сл.

[4] A. Wright, 1881, стр. 215—216.

[5] Темное явление «окклюзии» газов в данном случае может быть неотделимо от твердого раствора.

[6] Gautier, 1906.

[7] R. Chamberlin, 1908, стр. 40—41, 60.

Однако было бы неправильно, с другой стороны, считать все газы, получаемые при таких исследованиях, за продукты химических реакций, вызываемых исследователем. Это не может иметь, например, места по отношению к благородным газам воздуха. Ибо мы не знаем ни одного химического соединения для аргона, неона, криптона, ксенона. Предполагать поэтому их выделение при помощи распадения их неизвестных пока природных соединений, благодаря нагреванию содержащей их породы,— крайне рискованно; к тому же способность этих благородных газов давать химические соединения при каких бы то ни было условиях крайне сомнительна. А между тем выделение при нагревании пород и минералов некоторых других газов, например азота, ничем не отличается от условий выделения благородных газов. И как раз для азота не известны соединения в породах массивных и метаморфических; для объяснения его выделения из этих горных пород приходится принимать существование в них гипотетических азотистых тел[1], не открываемых в данных породах никакими нам доступными средствами и нередко не полученных искусственно[2]. Поэтому для всех этих газов приходится допустить нахождение их в литосфере в виде каких-то твердых растворов, из которых они выделяются только при высокой температуре[3].

351. Для элементарных газов воздуха, находимых этим путем в породах, наиболее характерным является полное отсутствие среди них кислорода и присутствие только небольших количеств азота. Можно думать, следовательно, что мы имеем здесь дело с источником азота, прямо не зависящим от атмосферы.

Этот азот найден в самых разнообразных породах и в разном количестве. Так, например, по Тилдену[4], разнообразные породы выделяют при нагревании в безвоздушном пространстве от 1 до 18 объемов газа на 1 объем породы. В этом газе преобладает водород или углекислота, но он содержит некоторое количество азота, например:

Гранит из Скай	5,13%
Габбро из Лизарда	1,90»
Гнейс из Серингпатама	0,56»
Базальт из Антрима	1,61»

В общем, другие определения подтверждают эти числа[5].

Азот находится не только в массивных плутонических породах. Он чрезвычайно легко выделяется из пород вулканических[6]. При этом можно заметить, что в этих породах он собирается в различном количестве в разных минералах; так, например, в новейших третичных андезитовых туфах Красных гор в Аризоне он составляет 4% общей массы газов и 5,71% газов пироксенов, выделенных из тех же туфов[7].

---

[1] Gautier, 1906, стр. 363 и сл. Готье допускает нахождение и аргонистых тел в горных породах, что, с его точки зрения, логически правильно.

[2] Опыты Чемберлена (R. Chamberlin, 1908, стр. 56) для азота, выделяемого из кварца, показывают, что полученное число сильно превышает то количество азота, которое выделилось бы разложением теоретически допустимых включений в кварце азотистых металлов (железа). Ср. Вернадский, 1912 (1), стр. 159.

[3] Неудачные опыты выделения газов из пород при низкой температуре см. R. Chamberlin, 1908, стр. 40—41.

[4] Tilden, 1897, стр. 455.

[5] Ansdella. Dewar, 1886; Gautier, 1901 (2), стр. 404 и сл.; 1906; R. Chamberlin, 1908; Brun, 1911.

[6] Brun, 1911.

[7] Attwood, 1906, стр. 140. Анализ Т. Чемберлена.

352. К сожалению, мы имеем очень мало точных наблюдений о распространении в породах литосферы благородных газов. Определения, сделанные в газах каменной соли (§ 349), дают отношение аргона к азоту, которое находится в пределах отношения их в воздухе. Можно поэтому думать, что здесь они произошли из воздуха.

Однако в других случаях аргон не может быть сведен к воздуху. Так, благородные газы в минералах и породах глубин земной коры, например собирающиеся в пегматитовых жилах или в плутонических породах, должны быть иного происхождения.

Резко бросается в глаза, что аргона и благородных газов воздуха здесь мало. Нельзя не отметить при этом резкого отличия между гелием, с одной стороны, и аргоном (и другими благородными газами воздуха)— с другой стороны. Гелий скопляется в этих минералах очень часто, и нередко в значительных количествах (§ 388). Благородные же газы воздуха в них, по сравнению с гелием, редки. Так, в заметных измеримых количествах аргон до сих пор был констатирован только в малаконе из Гиттерё в Норвегии[1], в окиси циркония из Бразилии. Но и здесь более тщательные исследования указали, что его значительно менее гелия[2].

В других содержащих гелий минералах (§ 389) аргон был сперва пропущен и найден в ничтожных следах лишь при улучшенных методах исследования[3]. Аргон не мог быть найден в богатых гелием (содержащих также CO_2 и H) циркелитах[4].

Ничтожные следы криптона найдены в клевеите[5]; но попытка найти его в фергюсоните оказалась неудачной[6].

353. Газы, выделяющиеся при нагревании пород и особенно при их плавлении, иногда отвечают тем газам, какие выделяются из магм. Особенно породы по возрасту молодые, только что застывшие или не успевшие сильно измениться под влиянием окружающих их условий, легко при нагревании выделяют магматические газы. Можно объяснить это явление тем, что эти породы сохраняют еще неизменными те вещества, которые при температуре плавления породы переходят в газообразное состояние. Поэтому при расплавлении такой породы получается сплав, взрывающийся при определенной температуре, выделяющий газы под огромным давлением. Этот сплав отвечает магмам. Изучая его газы, мы можем выяснить, какие газы должны выделяться в магматических процессах Земли, и, поскольку можем проверить, мы действительно наблюдаем в вулканических извержениях именно эти газы[7].

То, что мы воспроизводим в лаборатории, в огромных размерах совершается в природе. Образуемые этим путем газы выделяются во время или в связи с вулканическими извержениями — в виде вулканических газовых струй. Их количество меняется во времени, и изменчиво их значение в истории земной коры. Сейчас нам известно их несколько сотен[8].

---

[1] Ramsay a. Travers, 1896, стр. 444.

[2] Определения Антропова (1908, стр. 5) для окиси циркония и для малакона. Kitchin a. Winterson (1906, стр. 1570) дали больше аргона, чем гелия. Стрётт получил обратный результат. Проверка Хогли (Hogley, 1909, стр. 674) подтвердила заключение Стрётта.

[3] Ramsay, 1898 (2), стр. 3113.

[4] Blake a. Smith, 1913, стр. 314.

[5] Travers, Senter a. Jaquerod, 1903, стр. 174.

[6] Hogley, 1909, стр. 677.

[7] Brun, 1911, стр. 54 и сл., 137 и сл., Gautier, 1906, стр. 332 и сл.

[8] Ср. Вернадский, 1912 (1), стр. 146.

Как уже было указано, характерным их свойством является отсутствие кислорода. В них находится H, CO_2, углеводороды, Cl и т. д., но обычно нет свободного кислорода. Тот кислород, который иногда указывается при анализах, повидимому, является результатом вторичных реакций, идущих уже на земной поверхности, неизбежно происходящих в сложном явлении вулканических извержений[1].

Из газов воздуха постоянно наблюдаются в магматических газах азот и благородные газы.

Несомненно, выделение их во время вулканических извержений играет огромную роль в истории земной коры. Каждое вулканическое извержение доставляет в земную атмосферу из земных глубин большие количества азота и аргона. В сухих фумаролах Ривьер-Бланш во время извержения Мон-Пеле на о-ве Мартинике 30 августа 1902 г. выделялись газы, состоящие из 54,9% N и 0,7% Ar[2]. В фумаролах последнего извержения Везувия обычно было 35—40% N и около 0,5% благородных газов[3]. Азот обычен и в сольфатарах Исландии (0,5—1,8%)[4]. В фумаролах Папандаяна на Яве наблюдалось 31—51% N[5]. Благородные газы в вулканических извержениях могут быть или поверхностного происхождения или их отношение к азоту неизменно с космических времен, так как количество аргона в инертных газах то же, что и в атмосфере. Для фумарол Катмаи на Аляске отношение $\left(\frac{Ar}{Ar+N}\right)$ колеблется от 0,0109 — 0,0155, в среднем 0,0125. В атмосфере 0,0118. Надо думать, что эти тела попадают в вулканическую лаву не из водных растворов, но в газообразном состоянии.

Азот дает в условиях лавы соединения (поглощается) и в таком случае отношение Ar : N должно быть в вулканических газах больше, чем в

---

[1] Некоторые исследователи совершенно не признают выделения кислорода в вулканических процессах: Gautier, 1906, стр. 333; Brun, 1911. Брён, исходя из явно восстановительного характера магмы, склонен совершенно отрицать присутствие кислорода в газах вулканического извержения и объяснять его нахождение ошибками анализа или собирания материала для анализа. Однако едва ли это всегда так. Во время вулканических процессов должны быть случаи, когда может образоваться свободный кислород, например, во время подводных извержений, когда с лавой соприкасаются огромные количества воды. Так, во время санторинского извержения 1867 г. газ, собранный 7 марта этого года, дал Фуке при анализе:

CO_2	0,22%
O	21,11»
N	21,90»
H	56,70»
CH_4	0,07»

Кислород в этом случае мог произойти разложением морской воды при высокой температуре. С другой стороны, во время вулканического извержения реакции могут идти в обе стороны. Несомненно, происходящие реакции окисления, поглощения кислорода (§ 366) могут заменяться обратными реакциями — восстановления, выделения кислорода. О кислороде в газе вулканов см. Fouqué, 1879, стр. 226 и сл. Нельзя не отметить, что в некоторых газах, связанных с вулканическими процессами, кислорода наблюдается относительно больше, чем в воздухе. Так, например, газ пещеры в Руайа (во Франции), лежащей в пуццоланах, под базальтом, содержит 25,38—25,69% CO_2, 18,46—20,13% O и 54,18—56,16% N. Однако здесь содержание кислорода по отношению к азоту отвечает характеру этих газов в воде, а не в воздухе, т. е. газы получаются как бы из испарения водных растворов (E. Finot, 1876, стр. 135). Это явление, очевидно, вторичное — кислород выделился при испарении воды, бывшей в соприкосновении с атмосферой.

[2] Moissan, 1902, стр. 1087.

[3] Gautier, 1909 (2), стр. 1713 и сл.

[4] Bunsen, 1851 (1), стр. 245; Reyer, 1888, стр. 127.

[5] Brun, 1911, стр. 224.

атмосфере. На это как будто указывают наблюдения Шеферда в Килауэа и Мауна-Лоа[1]. В вулканах отношения Ar : N сильно колеблются. Аргон определен в фумаролах Везувия[2], Гваделупы (0,6—0,8 объемн. % всех газов)[3], Сольфатары[4] и т. д. В газах борных соффиони Лардерелло (Тоскана) находятся гелий и аргон, но не найден Ne, Kr или Xe[5].

354. Точно не известно, откуда выделяется азот магм, однако все указывает на то, что он непосредственно не связан с азотом воздуха, а так или иначе приходит из более глубоких слоев земной коры[6]. Он может там находиться или в свободном состоянии, или входить в состав различных соединений.

Как мы видели (§ 350), в порах или твердом растворе в массивных породах нет больших количеств свободного азота. Поэтому для объяснения выделения азота при вулканических извержениях были выдвинуты другие теории: согласно одной, азот образуется распадением при высокой температуре азотистых металлов[7], может быть, азотистого железа, присутствие которых, однако, в породе ни разу не было доказано[8]. Согласно другой, азот является продуктом распадения азотистого кремния[9], существование которого в породах так же мало доказано, как и существование тяжелых азотистых металлов[10]. Однако эти две гипотезы не единственные. Возможно выделение азота при распадении алюмосиликатов, содержащих в своем составе аммоний, или проникновение газообразного азота в свободном состоянии из земных недр, из частей нашей планеты, лежащих ниже земной коры[11].

Как бы то ни было, мы стоим здесь пока перед такой же загадкой, какая была уже указана (§ 340) по отношению к азоту глубоких источников.

Нельзя не обратить внимания еще на одно явление, связанное с вулканическими газами. Часть азота выделяется в виде летучего соединения— NH_3. По мнению Брёна, свободный азот может являться вторичным продуктом распадения этого первоначально образовавшегося соединения. Факты сейчас не дают никаких указаний для проверки этой гипотезы, так как количество свободного и связанного азота, выделяющегося при вулканических извержениях или при аналогичных им лабораторных опытах, не измерено[12].

---

[1] Shepherd, 1919; 1920; Allen, 1922, стр. 30; Allen a. Ziess, 1923, стр. 128 и сл.

[2] Nasini, Anderlini e Salvadori, 1900, стр. 189.

[3] Moissan, 1904, стр. 936.

[4] Nasini, Anderlini e Salvadori, 1898 (1), стр. 1371.

[5] Porlezza e Norsi, 1913, стр. 118.

[6] Бунзен (Bunsen, 1847, стр. 8) считал азот исландских вулканов и гейзеров связанным или с воздухом или с органическими веществами, падающими в магму при соприкосновении ее с верхними слоями земной коры. Атмосферное происхождение значительной части газов горячих источников Исландии допускает и Торкельсон (Torkelson, 1910, стр. 72, 76).

[7] Gautier, 1901 (2), стр. 412.

[8] Нахождение азотистого железа на Этне или в метеоритах, очевидно, никаким доказательством их нахождения в массивных или метаморфических породах служить не может.

[9] Brun, 1905, стр. 13; 1911, стр. 156—157; Gautier, 1906, стр. 350.

[10] Брён назвал это тело маринь якитом. Однако доказательства существования такого соединения, им приводимые, очень недостаточны.

[11] Вернадский, 1912 (1), стр. 158.

[12] Возможность выделения азота распадением аммиака заслуживает серьезного внимания и, может быть, объясняет некоторые случаи его выделения, например, при нагревании мусковитов и т. п. Чистые мусковиты и рипидолиты, по опытам Брёна, дают газы, содержащие до 6—13% N (см. Brun, 1911, стр. 263). Очевидно, здесь не может быть и речи об азотистых металлах. Очень вероятно, что аммоний вместе со щелочными металлами входит в состав алюмосиликатов. При их нагревании в безвоздушном

355. Очевидно, выделение азота, связанное с магмами, происходит не только во время вулканических извержений, оно должно идти в земной коре непрерывно. Ибо такой азот должен постоянно проникать в земную атмосферу из нижних частей земной коры, где находятся расплавленные силикатовые магмы. Частью он будет при этом выходить в водных растворах (§ 340), но частью должен выделяться вверх в газообразном состоянии.

И действительно, мы имеем множество указаний на постоянное проникновение из земных глубин в земную атмосферу свободного азота в самых различных участках земной коры. В большом количестве он подымается из земных глубин на земную поверхность в виде газовых струй, выходящих нередко под большим давлением.

Иногда весьма ясна связь такого азота с вулканическими процессами. Например, это можно думать в отношении некоторых жильных месторождений, генетически связанных с изверженными породами. Так, в месторождениях теллуристого золота в Крипл-Крик в Колорадо, отчасти, повидимому, связанных с диатремами, в рудниках выделялось много газа, состоявшего главным образом из азота, с 20% углекислоты и небольшим количеством кислорода. Газы выделялись на значительной площади и шли из глубины[1].

Точно так же почти несомненно в тесной связи с магматическими породами находятся выделения углекислоты в вулканических местностях. В этой угольной кислоте обычно содержится некоторое количество азота[2]. Углекислые газовые струи, сопровождающие горячие источники (соффиони) Тосканы, всегда содержат азот в количестве 1,9—2,9%[3].

Помимо азота, в них находится до 0,03% аргона[4]. В знаменитой Собачьей пещере около Неаполя, в Перджине в Тоскане и в других аналогичных местах выхода углекислых струй в земной коре также найдены вместе с CO_2 следы аргона[5].

356. В других случаях газовых струй связь азота с вулканическими или магматическими процессами неясна и, может быть, отсутствует. Таковы почти все случаи газовых струй, которые выходят среди осадочных или метаморфических пород.

Очень возможно, что азот и таких струй целиком или в значительной части связан, в конце концов, с магматическими процессами, но доказать это мы не можем, ибо в осадочные и метаморфические породы легко может проникать и другой азот, образующийся на земной поверхности во время химических процессов, идущих при низкой температуре или при низком давлении. Мы увидим, что реакции такого рода очень обычны и очень разнообразны (§ 361).

По своему свойству газы, находящиеся в одной и той же местности, хотя бы и разного происхождения, будут собираться вместе. Поэтому в газовых областях всегда будут совместно находиться газы самого различного происхождения.

В тех случаях, когда они выходят наружу, образуются газовые струи, совершенно аналогичные тем струям, какие связаны с магмами.

пространстве он может улетать, как улетают из слюд Li, Cs, Rb, K, и давать или NH_3, или при его распадении N. При обычном анализе алюмосиликатов аммоний не должен открываться. О такой гипотезе происхождения аммония и азота см. Вернадский, 1912 (1), стр. 159.

[1] Lindgren a. Ransome, 1905, стр. 97—98.

[2] Fouqué, 1879, стр. 214.

[3] Fouqué et Gorceix, 1869, стр. 947.

[4] Nasini, Anderlini e Salvadori, 1898 (2), стр. 110.

[5] Nasini, Anderlini e Salvadori, 1900, стр. 190.

Среди таких газовых струй, по их вероятной связи с глубинными процессами, на первое место должны быть поставлены газовые выделения грязевых сопок. Это характерный пример периодических газовых струй[1].

Газы сопок по своему химическому составу различны. В большинстве преобладают среди них углеводороды (метановые струи), но есть азотные, водородные и углекислые струи. К последним относятся, например, выделения так называемых салинелль около Патерно в Сицилии. В газах этих сопок количество кислорода колеблется от 0,1 до 2,8%, а азота от 3,0 до 17,5%[2]. Макалубы Сицилии дают метановые струи и содержат 0,4—0,6% кислорода и 0,5—3,8% азота; количество азота доходит в них иногда до 46,5%[3], но здесь весьма вероятна примесь атмосферного азота. Метановые струи обычны для сопок Кавказа, Крыма, Тамани. Для них работы Харичкова дают большие количества азота, который колеблется от 4 до 53% всех газовых выделений; количество кислорода доходит в них до 5,4%[4]. В газах сопок Румынии (метановых струях) количество азота колеблется от 3,51 до 26,61%, а кислорода—от 1,45 до 3,28%[5] и т. д. Азотные струи наблюдаются в сопках реже и, повидимому, существуют в них лишь временно; впервые они были указаны в 1801 г. Гумбольдтом[6] в сопках Турбако. Уже в 1850 г. эти сопки давали горючий газ, богатый водородом (метановую или водородную струю) (§ 379).

Сопки не являются случайным явлением в истории земной коры. Они известны в настоящее время в числе нескольких сотен, выделяют газы непрерывно, служат одним из важнейших выходов газовых струй в земной коре. Поэтому их изучение имеет, с этой точки зрения, огромное значение. К сожалению, химия грязевых сопок остается нам очень неясной.

357. Тектонические газовые струи, не связанные с сопками, можно разбить на три типа, в зависимости от химических свойств главного выделяющегося газа,— мы имеем здесь азотные, углекислые и метановые струи. Все они тесно связаны с тектоническими нарушениями земных пластов; они обычно сосредоточены около осей антиклиналей. К сожалению, газы земной коры изучены мало, и мы не можем сейчас иметь ясное представление о распространении каждого типа газовых струй, об их генезисе и их значении в истории земной коры. Однако о значении этого процесса[7] можно судить уже по тому, что есть отдельные газовые струи, дающие в день до 83 000 м³ газа (например, около Питсбурга). Метановые струи около Кишарамаш в Семиградье дают в день 36 000 м³ и даже больше, и т. д.[8]. Тектонические струи идут под давлением, достигающим 50 и больше атмосфер, по крайней мере в буровых скважинах.

В первом типе, в азотных струях, азот является главной составной частью, в других он составляет небольшую примесь. Газы азотных струй очень похожи на газы глубоких источников (§ 340) и, может быть, генетически с ними связаны. Таковы, например, газовые струи

[1] Вернадский, 1912 (1), стр. 146.

[2] Silvestri, 1867, стр. 283 (до 4,7% N); Sartorius v. Waltershausen u. Lasaulx, 1880, стр. 535—536. Анализы Фуке, Сильвестри и Сент-Клер Девиля.

[3] Silvestri, 1867, стр. 288—289; Fouqué, 1865, стр. 422.

[4] Краснов, 1904, стр. 42; Харичков, 1904, стр. 56; 1911, стр. 235. Старые определения Шмидта давали гораздо меньше азота — до 2,1%.

[5] Costachescu, 1906, стр. 47.

[6] Humboldt, 1858, стр. 259, 502. О возможности аналогичного случая в Тамани см. там же, стр. 260.

[7] Ср. Вернадский, 1912 (1), стр. 147.

[8] C. Papp, 1910, стр. 409; Böhm, 1911, стр. 66 и сл.

Канзаса и прилежащих мест Миссури и Индейской территории, выходящие в палеозойских слоях. Газ в Декстере содержит 71,89% N, 15,02% метана, небольшие количества O, H, Ar и He (§ 393)[1], не заключает CO_2. Газ в Канзасе содержит гелий и неон. В нефтяных газах был указан неон[2].

В Кубанской обл., в Псекупских минеральных водах, мы имеем дело с азотными струями:

№ 1, Александровский источник . .	781,35 см³	N на	1000 см³
№ 3, Мариинский источник	901,78 »	N »	1000 »
Источник близ утеса	661,86 »	N »	1000 »

Азот определялся по разности[3].

Любопытна газовая струя в Британской Колумбии, на о-ве Пендер, в проливе Джорджиа, выходящая с глубины 335 м (2,83 м³ в минуту). По анализу Макинтоша и Джонса, она содержит 94% N, 6% CO_2 и следы O[4].

Некоторые анализы дают для азота и метана числа, почти равные. Мы имеем как бы азотно-метановые струи. Таковы, например, недавно открытые газовые струи *Новоузенского у. Самарской губ.*[5] Анализ этих газов делался К. Шнейдером дважды, в 1906 и 1908 гг., и дал в общем для азота неизменные результаты (40,45—40,83% N)[6]. По частному указанию проф. Досса, кислород, наблюдаемый при анализах, мог происходить от способа взятия пробы: она сохранялась над некипяченой водой. Другой анализ, сделанный в Харькове под руководством проф. Лидова инженером А. Крамаренко, совсем не дал кислорода и дал 43,5—43,6% азота[7]. Однако числа эти требуют проверки и, может быть, большое количество азота получено благодаря недостаточной осторожности при взятии проб для анализов[8].

В *Астраханской губ.*, около оз. Сакрыл, в нижнем течении Большого Узеня, была встречена газовая струя, состоящая из метана и азота[9].

В *Ставрополе* газоносными являются пески нижнего сармата и верхних горизонтов спаниодонтового яруса[10]. Струя газа — метано-азотная, содержащая 35,4% по весу метана и 33,6% азота, 1,4% O[11]. Газоносная область довольно обширная.

Другой тип представляют гораздо более обычные метановые струи, большей частью небогатые азотом. Кислорода в этих случаях мало, иногда, однако, его больше, чем азота. В среднем в метановых струях Северной Америки количество азота составляет 3,4—3,8%, а кислорода[12] 0—0,4%[13]. В Биби-Эйбате и в Балаханах газовые струи этого

---

[1] Haworth a. Mac Farland, 1905, стр. 191; Cady a. Mac Farland, 1908, стр. 64.

[2] Dewar, 1904, стр. 5, 12.

[3] Штокман, 1885, стр. 41 и сл.

[4] R. Johnston, 1915, стр. 168.

[5] Досс, 1908 (1), стр. 214; 1911, стр. 136; П. Мельников, 1910, стр. 489. Досс считает эти струи связанными с жизнедеятельностью организмов.

[6] Досс, 1911, стр. 136.

[7] Крамаренко, 1909, стр. 4.

[8] То же надо сказать и о богатых азотом газах сопок (§ 356).

[9] «Изв. Геол. ком.», **31**, 1912, стр. 132. По указанию Н. Тихоновича.

[10] «Изв. Геол. ком», **33**, 1914 (2), стр. 65 — по С. Чарноцкому; Прокопов, 1912.

[11] Прокопов, 1914 (2), стр. 336.

[12] Кислород, повидимому, не происходит от примеси атмосферы, так как образцы брали иногда очень аккуратно, имея в виду эту возможность. См., например, Wurtz, 1870, стр. 339.

[13] H. Ries, 1905, стр. 43; Гефер (1908, стр. 113) указывает случай с 27,87% N.

типа более богаты азотом, количество которого доходит до 11,18—13,17%. Кислорода в них не более 0,5%[1]. Эти струи часто сопровождают нефть и, состоя в главной своей части из метана, повидимому, генетически с ней связаны. При бурении они нередко являются первым проявлением нефти.

Несомненно, газы здесь проникают в осадочные породы. Они заключены в них под значительным давлением и при бурении или при естественных отдушинах выходят наружу, выделяясь струями нередко в течение десятков, должно быть сотен лет. Такие метановые струи чрезвычайно распространены в земной коре. Можно судить об их количестве, например, по тому, что в Северо-Американских Соединенных Штатах к 1908 г. действовало 18 674 газовых колодца, а в 1907 г. добыто около 11,3 млн. $м^3$ газа[2].

Кроме Северной Америки и Кавказа, огромные скопления таких метановых струй известны в Сичуане в Китае[3] и в целом ряде других мест[4]. Своеобразная область их распространения наблюдается в Апеннинах. Количество азота в этих струях колеблется от 0,3 до 10,16%[5].

Однако связь с нефтью таких тектонических струй наблюдается далеко не всегда. Они встречаются вместе с нефтью только потому, что нефть собирается в земной коре в областях нарушенной тектоники. В этом случае законы передвижения в земной коре газов и жидкостей идентичны. Случаи тектонических газовых струй, не сопровождающихся нефтью, очень многочисленны. Таковы, например, метановые струи, может быть более чем обычно богатые CO_2, в Голландии, около Нортона; они содержат 6,3% N[6]. В Юта, на дне бывшего Бонневильского озера, около Солт-Лейк-Сити, с глубины 120—200 м под значительным давлением выходит метановая струя, дающая 19,7% N[7]. В России богатая углеводородами газовая струя в Ставрополе содержит 0,8% O и 20% N[8] и т. д.

В общем метановые струи едва ли дают очень большие количества азота, ибо наиболее обычны струи, очень бедные азотом и кислородом. Так, например, метановые струи Семиградья содержат до 0,4% O и до 1,4% N[9], в Вельсе в Австрии наблюдалось 0,6% O и 2,3—3,0% N и т. д. Не исключена возможность при этом, что в анализах с большим содержанием азота часть азота попала из воздуха.

Последний тип, бедных азотом струй, образуют углекислые струи. Как мы уже видели (§ 355), такие струи, связанные с вулканическими местностями, содержат, кроме углекислоты, азот и аргон. Но углекислые струи, не связанные явно с вулканическими процессами, тоже содержат азот и аргон, например газовая струя углекислоты, выходящая в каменноугольных копях Рошбель, содержит 1,14% азота и аргона[10].

---

[1] Харичков, 1902, стр. 168—171; 1904, стр. 54; Герр, 1908 (1), стр. 72; 1908 (2), стр. 29. В анализах газов нефтяных буровых скважин количество азота достигает 50% и более. Значительная часть этого азота происходит из воздуха (при отсасывании), на что указывает и большое количество кислорода. Анализы см. Герр, 1908.

[2] Hill, 1908, стр. 326—330.

[3] Duclos, 1898, стр. 306—307; Junghann, 1911, стр. 9.

[4] J. Roth, 1890, стр. 316 и сл.

[5] Fouqué et Gorceix, 1869, стр. 946—947.

[6] Van Breukelveen, 1896, стр. 280.

[7] Richardson, 1905, стр. 481.

[8] Стопневич, 1911, оттиск, стр. 3.

[9] C. Papp, 1910, стр. 403.

[10] T. Schloesing, 1897, стр. 32.

В углекислой струе в Нальчикском окр. *Терской обл.*, на склоне Эльбруса, в 100 объемах газа содержится 0,107 N[1].

358. Во всех рассмотренных газовых струях, вероятно, значительная часть азота имела происхождение, связанное с химическими реакциями глубин земной коры.

Но мы находим многочисленные случаи выделения азота, образовавшегося в коре выветривания. Частью азот здесь является результатом химических реакций— распадения азотистых тел, частью, так или иначе, в конце концов происходит из воздуха. К сожалению, мы не всегда можем точно выяснить его происхождение.

В газах, сопровождающих медленное распадение органических остатков, всегда находят азот. В частности, и азот и кислород находятся во взрывчатых каменноугольных газах. Эти каменноугольные газы представляют метановые струи и метановые испарения. В каменноугольных залежах эти газы состоят из CH_4 и CO_2, а в буроугольных в них находится еще до 3% CO[2]. Количество азота в них колеблется по объему от 0,3 до 30%, а количество кислорода — от 0 до 2,6%[3]. Азот этих газов всегда заключает примесь аргона, составляющего в них по объему 1,09—3,28%[4]. Азот испарений и струй в каменноугольных месторождениях происходит не из атмосферы и не из каменных углей, а попадает в них снизу и носит тот же характер, как азот источников, и т. д. Это видно по сопровождающим его элементам. В каменноугольных газах вместе с азотом всегда находятся He, Ar, Ne, Kr и Xe, но их процентное соотношение не отвечает атмосферному азоту[5]. N в каменноугольных газах гораздо менее He; им можно пренебречь; точно так же собирающиеся вместе с аргоном ксенон и криптон являются ничтожными долями по сравнению с аргоном[6]. Любопытно, что отношение к аргону более тяжелых газов здесь меньше, чем для той же смеси газов источников. Может быть, эти более тяжелые редкие газы как-нибудь поглощаются угольными пластами[7]. К тому же и отношение N : Ar не отвечает их отношению в современной атмосфере[8], но найти при этом какую-нибудь правильность не удалось.

Газы донецких углей (суффляры) содержат 0—1,80% O, 0,71—9,25% N (возд.), 0,23—4,95% N (избыточного)[9]. Кислород захвачен из воздуха.

Наблюдения Мурё и Лепапа[6] над пятью образцами каменноугольных

---

[1] К. Шмидт, см. Абих, 1865, стр. 40; 1873—1874, стр. 310.

[2] Kolbe, 1873, стр. 79. Опыты Цитовича. Анализ каменноугольных газов Донецкого бассейна см. Курнаков, 1893, стр. 442.

[3] T. Schloesing, 1897, стр. 14, 25. Le Chatelier, Le grisou, стр. 8 (литература). Очень вероятно, что в чистых газах, взятых без доступа воздуха, кислорода совсем нет—Moureu et Lepape, 1911 (2), стр. 848. В таких газах и азота значительно меньше. Газы из каменных углей, выделенные в пустоте при нагревании до 100°, дали разным исследователям очень колеблющиеся цифры, может быть связанные с недостатками метода. Количество азота колеблется в пределах 1,1—62,8%, а кислорода 0—2,2%. См. данные и литературу у F. Clarke, 1911 (1), стр. 724—725.

[4] T. Schloesing, 1897, стр. 35.

[5] Moureu et Lepape, 1911 (2), стр. 848; 1914 (2), стр. 239 и сл.; Moureu, 1913, стр. 145 и сл.

[6] Moureu et Lepape, 1914 (1), стр. 406—413, 423, 429 и сл. Для газов Эльзас-Лотарингии см. Moureu et Lepape, 1920.

[7] Moureu et Lepape, 1911 (2), стр. 1044.

[8] T. Schloesing, 1897, стр. 36 и сл.; Moureu et Lepape, 1911 (2), стр. 1044.

[9] Черницын, 1914, стр. 226.

газов (три — естественные струи, два — получены буровыми скважинами) дали следующий состав (в %):

	Естественные струи	Буровые
N	2,41 —1,85	1,81 —0,32
CO_2	2,8 —0,2	0— сл.
O	0 — сл.	0
CH_4 и другие горючие	95,1 —97,9	98,2 —99,6
He и сл. Ne	0,013—0,044	0,0003—0,050
Ar и сл. Kr, Xe	0,021—0,040	0,003 —0,0367

Количество таким образом выделяемых газов колеблется в зависимости от характера выделения каменноугольных газов: очень интенсивного, но непродолжительного. В г о д две естественные струи дали аргона:

Анзен (деп. Нор)	2,190 м³
Франкенгольц (Палатина)	2,555 »

Кислород, находимый в следах в каменноугольных газах, вероятно, происходит от случайного попадания воздуха во время взятия проб.

Для изученных пяти газов наблюдались следующие отношения[1]:

				Естественные струи	Буровые
$\frac{Ar}{N}$	каменноуг.	газ.:	$\frac{Ar}{N}$ возд.	0,85—1,38	0,82—1,72
$\frac{Kr}{Ar}$	»	»	$\frac{Kr}{Ar}$ »	1,0 —1,4	0,5 —1,3
$\frac{Xe}{Ar}$	»	»	$\frac{Xe}{Ar}$ »	1,1 —1,2	0,3 —2,1

Здесь наблюдаются бóльшие колебания, чем в отношениях этих же газов в источниках (см. § 341).

Аналогичные газы выделяются в б о л о т и с т ы х м е с т н о с т я х. Уже Берцелиус[2], анализируя такие газы в Парла, в Восточной Готландии, нашел, что они состоят главным образом из азота. В таких выделениях количество азота сильно колеблется. Так, газ, выделявшийся в пруду в Марбурге и образовавшийся благодаря гниению органических веществ на его дне, давал от 0,1 до 5,4% кислорода и 18—49,4% азота, причем эти колебания находились в связи с временем года. Этот газ состоял большей частью из углеводородов[3]. В газе, выделяющемся временами в дилювиальных слоях Эстляндской губ., например, в Риге, находилось всего 4,7% N (преобладали углеводороды)[4]. Генезис этих газов связан с гниением органических тел, но азот мог произойти и из воздуха, бывшего в тканях организмов, или из воздуха, бывшего в тех породах, в которых организмы разлагались.

В газах торфяников количество азота очень велико (53,7 %), кислорода нет[5]. Определений мало.

Лигниты выделяют на 1 г до 1,5 см³ газа. Азота в них мало, редко до 16,2%, кислорода или нет или до 0,3%[6].

---

[1] M o u r e u e t L e p a p e, 1914 (1), стр. 423.
[2] B e r z e l i u s, 1834 (2), стр. 184.
[3] B u n s e n, 1851 (2), стр. 251.
[4] Д о с с, 1908 (2), стр. 51.
[5] W e b s k y, 1864, стр. 76.
[6] J. T h o m a s, 1877, стр. 146 и сл.

359. От этих струй, когда газы выходят под давлением, должны быть отделены такие, когда образующиеся газы не скопляются, а образовавшись, быстро растворяются в окружающей атмосфере, образуют газовые испарения.

Газовые испарения чрезвычайно характерны и для кислорода и для азота и являются главными механизмами тех равновесий, какие установились для этих газов на земной поверхности. Повидимому, количество их, находящееся в испарениях, будет превышать то, которое собирается в газовые струи.

Для кислорода мы должны различить два разных типа испарений: 1) испарения, связанные с органической жизнью, и 2) испарения, связанные с чисто химическими процессами земной коры.

Кислородные испарения хлорофиллоносной растительности, механизм которых был изучен в первой половине XIX века, играют огромную роль на земной поверхности. Количества кислорода, выделяемые растениями, регулируют органическую жизнь земной поверхности и обусловливают связанный с этим круговой процесс его истории (§ 368).

Кислород выделяется нередко в виде пузырей среди водорослей, развивающихся в водоемах — озерах, прудах и т. п. Мы имеем здесь своеобразную форму чистых газовых кислородных пузырьков. Водоросль *Enteromorpha* в южной России в солонцеватых водах имеет вид кишки, которая плавает на поверхности, так как полость ее наполнена кислородом[1].

В озерах и реках очень часто такие пузыри кислорода дают *Oscillatoria* и другие водоросли[2].

Аналогично появление больших пузырей чистого кислорода, не исчезающих и ночью и особенно при солнечном освещении, под прозрачным льдом свежезамерзших водоемов[3].

Мы видели значение этого процесса и в других случаях, например, в составе газов замкнутых водных бассейнов, озер или прудов (§ 337).

360. Но не меньшее значение имеет испарение кислорода, идущее как следствие химических процессов.

К сожалению, имеющиеся у нас доказательства подобного рода явлений суть доказательства косвенного характера, и вопрос этот не обратил на себя достаточного внимания исследователей. Выделения кислорода, медленно идущие, неизбежно должны происходить во время процессов метаморфизации, когда минералы, находившиеся на земной поверхности, при геологических процессах, связанных с движениями земной коры, попадают в земные глубины.

Точно измерить его значение мы не можем; но мы можем получить о нем ясное представление, если обратим внимание на те химические элементы, которые неизбежно в области метаморфических или магматических пород дают более бедные кислородом соединения или не дают их вовсе в резком противоречии с их богатыми кислородом соединениями в коре выветривания.

Очевидно, в тех случаях, когда поверхностные соединения этих элементов попадают в более глубокие части земной коры, они разрушаются; при их распадении должен выделяться кислород. Может быть, этот кислород мы видим в тех небольших его количествах, какие дают нам анализы газовых источников или газовых струй (§ 353).

---

[1] Талиев, 1917, стр. 235.
[2] Воронков, 1913 (1), стр. 235.
[3] Либих, 1870, стр. 23.

Такими элементами будут те же, соединения которых поглощают кислород на земной поверхности.

Таковы: As, Bi, Br, C, Cu, Cd, Fe, H, Hg, J, Mn, Mo, N, Ni, Pd, S, Se, Sb, Te, V, Zn.

Оставляя в стороне редкие и не играющие видной роли в процессах земной коры химические элементы (Bi, Br, Cd, Hg, J, Pd, Se, Te), мы среди остальных встречаем такие тела, как H, C, Fe, которые отнюдь не могут быть оставлены в стороне при балансе химических процессов земной коры.

Самый распространенный из них — железо — дает в метаморфических областях земной коры преимущественно соединения закиси, каковы карбонаты, силикаты, алюмосиликаты (хлориты, биотиты и т. п.), даже ферраты. Богатые окисью железа тела земной поверхности — лимониты, феррисиликаты разного характера и т. д.— исчезают почти во всех случаях метаморфизма.

Метаморфические процессы в земной коре могут идти различным путем; частью они являются следствием контакта (например, переход лимонита в магнетит), частью связаны с давлением, когда вследствие геологических перемещений минерал из одной термодинамической оболочки земной коры попадает в другую. И в том и в другом случае идет образование закисных соединений железа, а соединения окисные распадаются.

Конечно, выделяемый при этом кислород часто быстро поглощается и идет на другие реакции, точно так же, впрочем, как поглощается кислород, выделяемый хлорофиллоносными растениями. В природе здесь мы имеем дело с явлением установившегося равновесия (§ 367).

Тем не менее в целом процесс метаморфизма несомненно связан с выделением кислорода, как процесс выветривания с его поглощением[1]. Равновесие в обоих процессах может считаться достигнутым лишь в общих чертах для всей земной коры и может не существовать для отдельной местности. Некоторое время свободный кислород может всегда держаться в форме газового испарения или водного раствора.

361. Для азота явления газового испарения выражены не менее резко, чем для кислорода. И здесь мы имеем те же два процесса: 1) испарение, связанное с биохимическими процессами, и 2) испарение чисто химического характера.

Первую форму выделения азота представляет разложение его кислородных соединений деятельностью денитрифицирующих бактерий, впервые указанное в 1867 г. А. Смитом и независимо от него вновь найденное в 1868 г. Шлёзингом. Эти бактерии разлагают в конце концов до свободного азота азотнокислые и азотистокислые соли, находящиеся в почвах, грязях и других поверхностных частях литосферы. Химический процесс, при этом происходящий, очень сложен; он меняется для разных организмов (вызывающих его бактерий известно много видов) и находится в зависимости от условий среды[2], и сам процесс еще не ясен; неясно, является ли выделение азота результатом биохимического процесса или же результатом действия веществ, выделенных бактериями, на азотистые и азотные соли[3]. Но в конце концов, в результате его, в земной жизни образуется постоянное, хотя и медленное, испарение азота из поверхностной пленки земной коры. Мы уже давно привыкли и в других областях земных процессов придавать первенствующее значение суммированию

[1] О кислороде в метаморфических слоях см. Daubeny. Encycl. Metrop., pt. 40.
[2] Beijerinck, 1910, стр. 30 и сл.
[3] А. Лебедев, 1916.

мелких причин в течение долгих промежутков времени и большому количеству вызывающих их агентов. Так и здесь выделение азота бактериями является необходимым регулятором его круговорота в земной коре, связанного с его окислением жизнедеятельностью азотобактерий и других организмов, захватывающих свободный азот. Его нельзя оставлять без внимания, хотя в отдельных случаях количества азота, так получаемого, минимальны.

Денитрифицирующие бактерии живут не только в твердых или полужидких субстратах литосферы. Огромные количества их собираются на поверхности вод, как пресных, так и океанских, но роль денитрифицирующих бактерий в океанах не так велика, так как морская вода бедна исходными для них соединениями — нитратами и нитритами[1].

В планктоне Немецкого моря, Атлантического океана и т. д. развиты денитрифицирующие бактерии, описанные впервые Бауром,— *Bacterium lobatum* и *Bacterium actinopelte*. Дальнейшие исследования прибавили к ним другие организмы и еще резче оттенили их значение. Денитрифицирующих бактерий больше в тропической части Атлантического океана, чем в умеренной: в связи с этим там меньше планктона[2]. В водах южнополярных частей океана (поверхностных и глубинных) очень мало денитрифицирующих бактерий[3]. Повидимому, и здесь эти организмы находятся в равновесии с поглотителями азота (§ 364), хотя некоторые исследователи (например, Брандт) пытаются объяснить относительную бедность органической жизни тропических морей мощным развитием этих бактерий[4].

Возможно, что и при гниении органических веществ, как на поверхности Земли, так и под водой, под влиянием тех же бактерий происходит медленное выделение свободного азота, но вопрос этот не может считаться выясненным[5].

Очень возможно, что в морской воде не происходит образования газообразного азота под влиянием денитрифицирующих бактерий, так как азот выделяется лишь при затрудненном притоке кислорода[6].

В последнее время начинает выясняться еще один процесс выделения свободного азота, связанный с жизнедеятельностью бактерий, рассеянных на поверхности земной коры,— бактерий, окисляющих свободный водород (§ 385).

362. Испарение азота в связи с идущими на земной поверхности химическими реакциями, не связанными с организмами, является совершенно неизученным.

Однако несомненно в природе должны происходить такие разложения

---

[1] Murray a. Hjort, 1912, стр. 369—370.

[2] Drew, 1914.

[3] Gazert, 1909, стр. 121.

[4] E. Baur, 1902, стр. 20 и сл.; Brandt, 1902, стр. 46 и сл.; 1904, стр. 388. Обзор более старой литературы у Lemmermann, 1900. Ср. Kruse, 1910, стр. 606 и сл. О денитрифицирующих бактериях в придонной воде, на глубине 4358 м, см. Gräf, 1909, стр. 66. Об их нахождении в Черном море — Исаченко, 1909, стр. 161. См. также Исаченко и Ростовцев, 1911. Об их нахождении в Балтийском море — Парландт, 1911. Об их нахождении в морской воде см. сводку и критику у Исаченко, 1914, стр. 104 и сл. Гипотеза Брандта о бедности ими около полярных стран неверна — Исаченко, 1914, стр. 141 и сл. О денитрифицирующих бактериях в прибрежных морях и около берегов см. Gran, 1901; 1903.

[5] Указывавшееся нередко выделение свободного азота при процессах гниения или гнилостного брожения, вероятно, объясняется ошибками наблюдения, а может быть, связано с деятельностью денитрифицирующих бактерий. См. Омелянский, 1909, стр. 211; Kruse, 1910, стр. 502, 560.

[6] Исаченко, 1914, стр. 141.

аммиачных соединений азота. Так, аммиак, находящийся в воздухе, должен распадаться на азот и водород под влиянием тихого электрического разряда[1]. При чисто химических процессах нитрификации в почвах — при образовании в ней NH_4NO_2 или распадении селитры без участия организмов — тоже должен выделяться свободный азот[2].

Очень возможно, что дальнейшие исследования раскроют нам картину гораздо большего значения этого рода явлений.

В областях магматической и, может быть, метаморфической выделяющийся оттуда азот, может быть, обязан своим происхождением тоже химическим, пока не известным реакциям.

363. Изменение азота. Свободный азот, постоянно проникающий в земную кору из глубоких слоев литосферы, несомненно, количественно не увеличивается и не накопляется в земной коре. Вполне выяснить связанные с этим процессы мы не умеем, так как не знаем исходных соединений азота, однако очевидно — такое равновесие может происходить только тогда, когда азот на земной поверхности входит в соединения, изменяется[3]. Возможно, однако, что он постепенно уходит в глубокие слои атмосферы, не изменяясь, что существует как бы циркуляция свободного азота в недрах и на поверхности нашей планеты.

На основании постоянства отношения редких газов к азоту в естественных источниках Мурё[4] предполагает, что бóльшая часть азота всегда была в свободном состоянии. Другими словами, химические реакции синтеза и распадения находятся в равновесии.

Оставляя в стороне эту возможность и обращаясь к точным фактам, мы видим, что для свободного азота в коре выветривания известны сейчас три типа химического изменения: 1) образование соединений аммиачного типа, 2) образование сложных соединений в организмах и 3) образование кислородных соединений.

Реакции первого типа очень мало изучены. Однако они должны идти в природе, хотя бы потому, что аммиак образуется при всяком окислении свободного азота в присутствии воды[5]. В природе эти условия существуют всегда. Следовательно, при всяком природном окислении свободного азота должен образовываться аммиак, и этим, может быть, отчасти объясняется нахождение следов аммиака в разнообразных продуктах коры выветривания.

Помимо этого, аммиачные тела должны образовываться из азота и другим путем. Так, азот может давать аммиак с водородом, находящимся в воздухе, при тихом электрическом разряде. Есть ряд низших организмов, живущих в почве, которые тоже переводят газообразный азот в аммиачные соединения[6] (ср. § 366). Все эти переходы связаны с одновременным окислением азота — образуются азотнокислые или азотистокислые соли аммония.

364. Другое изменение азота — образование сложных органических соединений в клеточках организмов из свободного азота — долгое время

---

[1] M. Berthelot, 1877 (1), стр. 70; A. Hofmann, 1890, стр. 3318.

[2] Вопрос о выделении свободного азота при обычных процессах нитрификации неясен. Но несомненно, в почве иногда азот выделяется при этом в свободном состоянии. См. P. Ehrenberg, 1907, стр. 141. Эренберг как раз не придает этому процессу большого значения.

[3] Ср. Вернадский, 1912 (1), стр. 157.

[4] Moureu, 1913, стр. 144.

[5] Hébert, 1904, стр. 547 и сл.

[6] Müntz et Coudon, 1893, стр. 395.

отрицалось. Кажется впервые в 1800 г. Отто[1] высказал мысль, что азот, проникающий растения и образующий в их органах как бы особую атмосферу, не является инертным телом, а служит одним из источников питания, идет на образование азотистых соединений организмов. Как известно, идея непосредственной утилизации растениями атмосферного азота долгое время не была принята в науке, несмотря на целый ряд косвенных указаний на ее правильность. Только после опытов Гельригеля и Вильфарта (1886—1888) было, наконец, доказано, что атмосферный азот поглощается некоторыми бактериями, находящимися в симбиозе с высшими, бобовыми, растениями[2].

Таким образом, иногда поглощенный растениями азот идет на строение живого вещества. Если даже в высших растительных организмах процесс этот приурочен только к бобовым, то и в таком случае он должен играть заметную роль в экономии земной атмосферы. Ибо бобовые являются одним из самых больших естественных семейств растений, заключают свыше 7000 видов и распространены всюду на земном шаре[3]; их представители входят во всякую флору.

Но тот же процесс усвоения атмосферного азота происходит еще в гораздо бо̀льших размерах благодаря жизнедеятельности других растений, бактерий и иных аналогичных организмов[4]. Такой способностью обладают, повидимому, очень разнообразные низшие организмы, довольно различного морфологического характера. Среди них мы имеем как анаэробные, так и аэробные организмы. Первый анаэробный фиксатор азота — бактерии *Clostridium Pasteurianum* — был найден в 1893 г. С. Виноградским[5] в почвах Петербурга, а через восемь лет Бейеринк[6] открыл аэробные бактерии — азотобактерии. Близкие к *Clostridium* или идентичные с ней формы были позже найдены в почвах и на листве в Западной Европе, позже в Америке и в других странах; повидимому, они тоже являются чрезвычайно распространенными организмами[7].

Аэробные бактерии — азотобактерии — широко распространены на поверхности суши, в богатых известью почвах Европы и Америки[8]. Есть указания на их увеличение в паровых землях, в нашем климате[9]. Торфяные земли бедны азотобактером[10]. Он найден на поверхности выветрелых известняков[11].

По наблюдениям В. Омелянского и М. Солунсковой (1913, стр. 433 и сл., 441, 448), азотобактер и клостридиум чрезвычайно распространены в почвах Европейской и Азиатской России. Как исключение,

---

[1] См. Fraas, 1852, стр. 211.

[2] См. литературу и исторический очерк вопроса у Rossi, 1907, стр. 289 и сл. О фиксации азота см. Омелянский, 1913.

[3] Taubert, 1891, стр. 72. О клубеньках бобовых см. Макринов, 1915.

[4] См. сводку у J. Vogel, 1905, стр. 33 и сл.; Heinze, 1906, стр. 645 и сл.; Краинский, 1911.

[5] С. Виноградский, 1893, стр. 1385; 1895, стр. 298 и сл.

[6] Beijerinck, 1901, стр. 561.

[7] Hasselhoff u. Bredermann, 1906, стр. 383, 392.

[8] H. Christensen, 1907, стр. 382; Stoklasa, 1908, стр. 484 (литература); Краинский, 1911, стр. 49 (литература), 107 (южная Россия). О поглощении азота зелеными клетками водорослей см. еще: Jamieson, 1905—1911; Mamellie Pollacci, 1911, стр. 159; Moore, 1921, стр. 101, 124.

[9] Краинский, 1911, стр. 149.

[10] H. Christensen, 1907, стр. 109; Feilitzen, 1910; Stoklasa, 1908, стр. 484; Омелянский и Солунскова, 1913, стр. 454.

[11] Behrens, 1904.

не удавалось найти азотобактеров в песках Киргизской степи. Содержание азотобактеров понижается в летние месяцы сравнительно с весенними[1].

Азотобактерии и клостридии не являются единственными организмами, связывающими азот. Имеются многочисленные указания на множество других бактерий, грибов и водорослей, обладающих той же способностью. Наибольшее значение из них имеют, повидимому, плесневые грибы, особенно в болотных почвах, весною на черноземе и т. д.[2]; для них впервые эта способность была доказана Пуриевичем. Многочисленные сапрофиты, например столь обычная *Bacterium megatherium*, тоже слабо связывают азот. Этот процесс, несмотря на его количественную незначительность, не может быть оставлен без внимания, так как производящие его организмы чрезвычайно распространены[3].

365. Все эти связывающие азот организмы развиты не только на суше. Они живут в морской[4] и пресной[5] воде. Находятся азотобактерии в водах Северного Ледовитого океана[6] — у берегов Мурмана, Новой Земли, на о-ве Кильдин. Они найдены в планктоне пресных вод умеренного климата и тропиков (Ява). Они живут в морской грязи; сильно развиты в морском планктоне; так, например, они найдены Кейтнером в планктоне Северного моря, Атлантического и Индийского океанов, причем преимущественно собираются в плавающих в море водорослях. Их широкое распространение в морях было подтверждено позднейшими работами.

Едва ли можно отрицать[7] важную роль этих бактерий для обмена газов в морях и океанах. Этому не противоречит и сильное, одновременное с ними, развитие в той же среде денитрифицирующих бактерий. Между теми и другими организмами должно устанавливаться равновесие, регулирующее круговорот азота[8].

Повидимому, на юге азотобактер заменяется другими организмами[9].

366. Гораздо менее изучены процессы изменения азота, поставленные нами на третьем месте,— реакции непосредственного окисления азота, главным образом соединение его с кислородом воздуха.

Процессы этого рода очень многочисленны, разнообразны, причем они ведут к образованию азотнокислых и азотистокислых солей аммония. Так, по Шёнбейну[10], эти соли постоянно образуются при всяком нагревании воды или водяных паров в присутствии азота. Азотистокислый аммоний образуется в присутствии воды, при действии на азот тихих электри-

---

[1] Löhnis, 1905. Об азотобактере в почвах Колорадо см. Sackett, 1912, стр. 81.

[2] Краинский, 1911, стр. 39, 131.

[3] Пуриевич, 1895, стр. 342; Омелянский, 1909, стр. 247; J. Vogel, 1905, стр. 174 и сл.

[4] Benecke u. Keutner, 1903; Keutner, 1904, стр. 27; Keding, 1905, стр. 275. Нитрозо- и нитробактерии не найдены в южных полярных морях — Gazert, 1909.

[5] Уже Бейеринк (Beijerinck, 1901) — для азотобактерий. Reincke, 1903, стр. 481— симбиоз азотобактерий с *Volvox globator*.

[6] Исаченко, 1914, стр. 71 и сл.

[7] См. Reincke, 1903, стр. 372, 482; 1904, стр. 100. Возражения у Brandt, 1904, стр. 401.

[8] О равновесии между азотобактериями и денитрифицирующими бактериями в почве см. Fischer, 1906, стр. 143.

[9] Исаченко, 1914, стр. 85. Ср. Kruyff, 1910, стр. 54; Drew, 1911.

[10] Schönbein, 1862, стр. 7.

ческих разрядов [1]. Целый ряд исследователей [2] подтвердил наблюдение Бенс Джонса [3] об образовании в воздухе NH_4NO_2 из азота при окислении разнообразных органических веществ. По исчислению Бертело [4], при сгорании 1 млн. т горючего образуется из азота воздуха около 100 т азотной кислоты и аммиачной селитры. Все это реакции, которые хотя и мало интенсивно, но постоянно должны происходить в природе.

Еще чаще, чем азотистая кислота, образуется в природных условиях азотная кислота из самородного азота. Уже Кавендиш в 1785 г. нашел, что азот всегда отчасти соединяется с кислородом в азотную кислоту при пропускании через воздух электрической искры [5]. Как известно, аналогичным путем сейчас получают в большом количестве селитру из воздуха. Повидимому, и некоторые реакции окисления, идущие в природе, должны вызывать одновременно соединение азота и кислорода в окружающем их воздухе в азотную кислоту [6].

Все эти реакции, может быть, идут не непосредственно с кислородом и азотом, но связаны с физическим изменением этих газов. Ибо они идут в тех условиях, когда образуются химически деятельные состояния газов: озон — O_3 (§ 398) и активный азот — N_2 (§ 320).

В углях при обыкновенной температуре происходит переход азота в α и β-моноцианы, которые дают оксаны OCN [7].

Все такие реакции, неизменно идущие в тех или иных местах земной коры без перерыва, несмотря на свою незначительность в каждом отдельном случае, в общем, в течение долгих лет земной истории, должны выводить значительные количества азота из свободного состояния.

367. Итак, в земной коре идут реакции двоякого рода: с одной стороны, выделение свободного азота и, во-вторых, переход его в новые соединения.

Происходит или нет в конце концов постепенное накопление или уменьшение этого газа в земной коре?

Определенно ответить на этот вопрос мы не можем, но нельзя не отметить, что в некоторых случаях мы имеем ясно выраженные реакции кругового характера: азота столько же выделяется, сколько и входит в соединения, причем регулирующие оба эти процесса явления явно находятся в равновесии.

Главным регулятором является органическая жизнь, ибо кислородные соединения азота служат одним из главнейших питательных веществ организмов. Поэтому при их увеличении в какой-нибудь среде увеличивается органическая жизнь, при их уменьшении — уменьшается. Впитывая азотнокислые соединения, организмы переводит их в сложные тела, которые в конце концов на земной поверхности разлагаются до свободного азота. Таков тот азот, который выделяется во многих поверхностных газовых струях, например, каменноугольных газах (§ 358). Свободный азот такого же происхождения выделяется нередко непосредственно в виде испарений — разложением нитратов и нитритов денитрифицирующих бактерий (§ 361).

---

[1] M. Berthelot, 1877 (2), стр. 338. Бертело первый доказал в 1885 г., что почва поглощает азот биохимически (G. Andrée, 1921, стр. 125). См. Losanitsch u. Jovitschitsch, 1897, стр. 135.

[2] См. литературу у Schlenck, 1907, стр. 266.

[3] Jones, 1851, стр. 409.

[4] M. Berthelot, 1900 (1), стр. 1345.

[5] Cavendish, 1785, стр. 372; 1788, стр. 261.

[6] См. литературу таких окислений у Schlenck, 1907, стр. 292.

[7] Лидов, 1916.

Так или иначе азот, выделенный организмами или с их помощью, вступает вновь в кислородные или аммиачные соединения для того, чтобы затем опять выделиться в свободном состоянии.

На это указывает уже отсутствие в земной коре скоплений кислородных соединений азота, например нитратов, хотя они постоянно повсюду образуются. На всем земном шаре мы знаем только одно их значительное месторождение, в Южной Америке; в нем заключаются миллионы тонн азота; однако залежи этих нитратов новейшего возраста; они быстро исчезают, даже если бы человек и не участвовал в их разрушении[1]. Наконец, азот в свободном состоянии может уходить в земное ядро и из него выделяться (§ 350, 354).

368. Изменение кислорода. Процессы изменения свободного кислорода, переходы его в соединения должны идти еще более энергично, чем аналогичные превращения химически более инертного газа — азота. Само нахождение в земной коре свободного кислорода может быть объяснено только чрезвычайно резким обилием этого элемента в валовом составе земной коры.

Кислород не только расходуется в огромных количествах на органическую жизнь; он обусловливает почти все химические процессы, идущие в коре выветривания. При этом подобно тому, что мы это видели для азота, мы можем различить реакции его изменения двоякого типа — чисто химические и биохимические.

Обращаясь к реакциям первого рода, можно отметить ряд элементов, соединения которых являются поглотителями кислорода, т. е. в коре выветривания они дают вторичные соединения, более богатые кислородом, чем их первичные минералы, выделившиеся в магмах или в глубоких участках земной коры. Это будут: Fe, V, C, As, Sb, Cu, Hg, Zn, Br, Cd, Mn, Mo, S, Se, Ni, N, Co, Pd, Te, Bi, H, J.

Для учета значения этого процесса можно оставить в стороне из этих 22 элементов такие, кислородные соединения которых по своей редкости совершенно не играют роли в истории земной коры. Это будут Hg, Br, Cd, Se, Pd, Te, J, может быть Bi. Остается все же 14 химических элементов, которые будут поглощать заметные количества кислорода в той или иной форме, когда соединения их попадут на земную поверхность, в область свободного кислорода. Это поглощение кислорода часто не идет за счет атмосферного кислорода, но является следствием сложных химических реакций и связано главным образом с действием газовых водных растворов — воды, насыщенной кислородом (§ 330, 338). Этим вызывается отсутствие кислорода в газах глубоких источников (§ 340). Но есть реакции и прямого поглощения кислорода воздуха, например, колчеданами или каменными углями[2].

Масштаб происходящих при этом процессов огромен. Можно вычислить, например, что железо, переходя в окисные соединения, должно было бы поглотить не меньше 68% кислорода, находящегося ныне в атмосфере, ибо отношение FeO: Fe_2O_3 для пород массивных и кристаллических равно 1,34, а для осадочных оно равно всего 0,57[3].

---

[1] О круговороте азота см. A. Schloesing, 1885 (литература); Brandt, 1904, стр. 387; Braun, 1907, стр. 265; J. Johnstone, 1908, стр. 273 и сл.; Вернадский, 1912 (1), стр. 157.

[2] Для углей см. R. Chamberlin, 1909, стр. 61; Мефферт, 1910, стр. 18.

[3] C. Smyth, 1905, стр. 322—323. Эти числа могут иметь значение только иллюстрации, так как количество железа в этих породах неодинаково. Другие числа см. у Van Hise, 1904, стр. 950 и сл.

На эти явления обратил внимание уже в 1845 г. Эбельмен[1], который нашел, что если бы Fe_2O_3 осадочных пород получила свой кислород из атмосферы, то количество такого поглощенного кислорода было бы больше или равнялось количеству кислорода атмосферы. Едва ли меньшие количества кислорода идут на окисление углеводородов, углей и других соединений углерода, связанных и не связанных в своем происхождении с организмами[2]. Все сульфаты являются исключительно вторичными соединениями и образуются в связи с поглощением кислорода. Существует ряд других аналогичных, едва ли менее значительных процессов (например, изменение природных арсинов).

Однако нельзя заключать из существования таких явлений связывания кислорода в коре выветривания о его постепенном уменьшении в атмосфере. Нельзя забывать о ходе в земной коре обратных процессов — выделения кислорода, природных реакций восстановления.

Достаточно сравнить список элементов поглотителей кислорода в земной атмосфере с теми, которые в более глубоких слоях земной коры — в метаморфической ее области — выделяют кислород (§ 360). Эти списки идентичны. Следовательно, мы имеем здесь дело с ясно выраженным круговым процессом.

Процессы выветривания могут идти в широких размерах только вследствие того, что в земной коре постоянно происходят перемещения термодинамических оболочек, что соединения, образовавшиеся в одних термодинамических условиях, попадают в новые условия, в которых они нестойки (§ 14). Ювенильные или выходящие из глубоких слоев источники, тектонические смещения земных слоев, перемещения магм внутри земной коры, испарения и струи газов, вулканические извержения и т. д.— постоянно приносят на земную поверхность огромные количества тел, жадно соединяющихся со свободным кислородом, образовавшихся в его отсутствие. Каждое вулканическое извержение является местом синтеза кислородных соединений серы, железа, углерода, водорода, кремния, алюминия и т. д. и связано с поглощением огромных количеств этого газа из земной атмосферы[3].

И все же количество кислорода в атмосфере не уменьшается, ибо с равной силой идут в земной коре обратные процессы, переводящие стойкие в богатой кислородом среде соединения вниз, в среду, кислородом бедную. В этих новых условиях богатые кислородом соединения распадаются, и это распадение сопровождается выделением кислорода; таковы, например, опускания участков земной коры, области геосинклиналей, уход воды в более глубокие части земной коры, проникновение туда газов. Всякое отложение осадков в более глубоких своих частях связано с восстановительными процессами, например с переходом соединений окиси железа в соединения закиси. Мы имеем дело в природе с не меньшим разнообразием таких восстановительных процессов, чем сколько известно процессов окислительных. В конце концов все эти явления выделения свободного кислорода находятся в равновесии с процессами его поглощения.

369. Изучение биохимических процессов изменения кислорода в земной коре, совершающихся с участием органического мира, приводит к

---

[1] Ebelmen, 1861 (2), стр. 49.

[2] Van Hise, 1904, стр. 950.

[3] Об этих реакциях и связанных с этим выделениях окисленных газов см., например, Brun, 1911, стр. 142 и сл.

заключению об аналогичном равновесии между процессами окисления и выделения кислорода. Жизнь организмов требует для своего существования постоянного притока кислорода. По характеру организации живой материи организмы добывают кислород, где только возможно; они совершают этот процесс с такой интенсивностью, что могли бы быстро исчерпать запас кислорода, если бы он постоянно не возобновлялся. Наблюдения над поглощением кислорода в замкнутых небольших бассейнах (озерах и прудах) доказывают это чрезвычайно ярко (§ 337): в течение ночи количество кислорода, растворенного в 1 л воды, может в пруде уменьшиться до 2 см^3 вместо нормальных 22—23[1]. Казалось бы, организмы сразу исчерпают весь кислород; но достаточно дня, солнечного света (или даже лунного), чтобы запас его был целиком возобновлен в течение немногих светлых часов. Причина этого была правильно указана еще в 1841 г. Дюма и Буссенго[2], положившими начало учению о круговороте кислорода, которое было затем развито Берцелиусом, Либихом и давно вошло в научную мысль. Растения днем выделяют избыток кислорода, который затем утилизируется ими или животными организмами. Количество растительных или животных организмов увеличивается или уменьшается в зависимости от его запасов. Таким путем — одновременным развитием растительных и животных органических форм и их количественным соотношением — общий запас кислорода, необходимый для органического мира, механически постоянно возобновляется. Едва ли можно сомневаться, что он в общем остается неизменным постольку, поскольку неизменно количество живой материи в земной коре.

Живое вещество оказывает огромное и разнообразное влияние на обмен кислорода в земной коре не только этим путем. Его влияние проявляется на каждом шагу. Одним из таких частных проявлений является, например, самоочищение рек от загрязнения, восстановление природными процессами нарушенного в них человеком химического равновесия (§ 338). Уже в 1869 г. А. Мюллер указал на то, что это очищение производится жизнедеятельностью организмов. После долгих попыток объяснить это явление иначе вернулись к мысли Мюллера. Низшие растительные организмы, вероятно водоросли, быстро развиваются в загрязненных средах, заключающих посторонние, не могущие существовать в земных условиях органические соединения, например продукты фабрик, заводов, городских поселений. Они быстро переводят эти чуждые земным условиям химические тела в обычные соединения организмов, выделяя свободный кислород, окисляя их, и восстановляют таким путем нарушенное было равновесие газов[3].

Процесс окисления,— повидимому, очень сложный. Вначале нередко идет поглощение свободного кислорода; когда его не хватает, идет окисление за счет ранее образовавшихся менее стойких соединений, например, серной кислоты, затем $CuSO_4$ и т. д. (например, в железных шапках). Ср. § 347.

370. Кислород в геологической истории. Общим регулятором всех химических реакций кислорода является, как мы видели, атмосфера. По ее составу можно было бы искать различия между реакциями выделения и реакциями соединения кислорода, если бы между ними не существовало установившегося равновесия.

---

[1] Zuntz, 1900, стр. 312.

[2] Dumas et Boussingault, 1844.

[3] Löw, 1891, стр. 261; Pettenkofer, 1891, стр. 269; Spitta, 1900, стр. 253; Киркор, 1907, стр. 79 и сл.; 1911, стр. 151 и сл.

Атмосфера представляет постоянные отношения между кислородом и азотом только вследствие того, что одинаковые количества кислорода или азота в нее входят и из нее выходят. Эти количества не представляют результата одной какой-нибудь химической реакции, а являются следствием совокупности всех химических реакций земной коры. То или иное изменение в отношении O : N атмосферы означало бы нарушение всех веками установившихся циклов химических превращений в земном шаре.

Поэтому такое нарушение мало вероятно до тех пор, пока существует неизменность тех факторов, которые обусловливают комплекс этих реакций. Такими факторами являются: валовой состав земной коры, сколько мы знаем, неизменный, и энергия Солнца. Никаких указаний на их изменение в наблюдаемых процессах мы не видим, а следовательно, и изменение состава воздуха мало вероятно в доступные нашему непосредственному изучению периоды времени.

Существуют, однако, многочисленные предположения об изменчивости этих отношений в большие периоды времени; думают, что состав воздуха в прежние геологические периоды земной истории был иной, чем теперь. Такие теории были развиты главным образом по отношению к CO_2, но делались попытки найти указания на аналогичные колебания для кислорода и даже для азота. Уже в 1831 г. Р. Герман указывал на вероятное уменьшение кислорода в атмосфере в истории Земли (1831, стр. 387).

Все эти теории, в конце концов, связаны не только с геологическими, но и с космогоническими предположениями и большей частью могут существовать лишь при чрезвычайной схематизации природного процесса[1].

По отношению к кислороду делались оба возможных предположения. Одни полагали, что количество кислорода в геологическое время уменьшается. Это указывал, например, Эбельмен[2]. Уже Берцелиус[3] обратил внимание на отсутствие в земной коре выделения свободного кислорода помимо жизнедеятельности растений. Но Эбельмен считал такое выделение недостаточным для достижения равновесия. Мульдер, со своей стороны, полагал, что кислород постепенно поглощается благодаря непрерывному сгоранию соединений углерода. Однако все эти взгляды не имеют сейчас серьезного значения, так как нам известны разнообразные процессы выделения кислорода, не связанные с жизнью растений (§ 360), и процессы обратного восстановления углерода из его кислородных соединений (§ 293).

371. Гораздо большее значение приобрели в науке теории обратного характера, связанные с предположением об увеличении количества свободного кислорода[4] в геологические периоды времени. Повидимому, первые теории об увеличении кислорода в геологические эпохи в связи с каменным углем принимал Ю. Либих (1870, стр. 17).

С одной стороны, Кёне предположил, что количество углекислоты в земной коре раньше было больше и что первичная атмосфера состояла из углекислоты, азота и небольшого количества паров воды. Образование залежей каменного угля, известняков, разнообразная химическая

[1] См. правильные замечания у F. Clarke, 1908, стр. 49.

[2] Ebelmen, 1861 (2), стр. 49 (работа вышла впервые в 1845 г.).

[3] Berzelius, 1843, стр. 368.

[4] Koene, 1856. Об оригинальной личности проф. Кёне — см. Phipson, 1893, стр. 51. Работы самого Фипсона — в «Chem. News», LXVII — LXX, L., 1893—1894. Они собраны в любопытной во многом его книжке: Phipson, 1901. Ср. далее Kelvin, 1897, стр. 461; Stevenson, 1900, стр. 312, 399; 1902, стр. 435; Geikie, 1903, стр. 35; Бекетов, 1908, стр. 133 и сл.; Kuntze, 1884.

деятельность организмов привели в конце концов к уменьшению количества углекислоты и к созданию в атмосфере свободного кислорода. Процесс этот продолжается и ныне. Аналогичные идеи позже развивал Фипсон, считавший, что кислород атмосферы создан деятельностью низших анаэробных организмов, причем, по его мнению, одновременно в земной коре увеличивались в геологические периоды нервная сила и кислород. Первичная атмосфера состояла, по Фипсону, из азота. И. Лемберг (1888, стр. 630) считал, что первоначальная атмосфера Земли состояла из H, N, хлористых углеродистых соединений. Кислород был соединен с железом.

Другие, как Кельвин или Стевенсон, допускали преобладание в земной атмосфере первоначально водорода, тогда как кислород создан позднее — растительностью. Они исходили в своих построениях из космогонических идей о прошлом Земли и из переноса в историю Земли явлений, наблюдаемых в небесных светилах.

В последние годы, когда увеличилось значение космогонических теорий, связанных с метеоритами, эти теории вызвали к себе еще большее внимание. Стали допускать, что первоначальная атмосфера была аналогична газам, выделяемым из метеоритов, и состояла главным образом из H, CO_2 и CO, в меньшей степени из N и CH_4[1]. Лишь позже, благодаря химическим реакциям неорганического характера (например, образованию карбидов), в атмосферу стал попадать кислород. Другим видоизменением той же гипотезы является теория о позднейшем образовании атмосферы вследствие потери газов мелкими астероидами и планетами и захвата их большими телами небесных систем, причем очевидно, что улавливались большими телами первоначально лишь легкие газы, которые и должны были играть тогда бóльшую роль. С другой стороны, эти легкие газы, как гелий или водород, должны были особенно легко теряться и, благодаря этому, атмосферы планетных тел, не могущих увеличивать свою газообразную оболочку, должны были обогащаться относительно более тяжелыми газами (§ 316, 318).

Все эти гипотезы можно оставить в стороне при изучении современной химии земной коры. В лучшем случае они касаются космических периодов жизни Земли, когда Земля отнюдь не была похожа на тот земной шар, который служит объектом минералогического исследования.

В точных данных современной минералогии мы не имеем ни одного факта, который указывал бы на такие изменения в составе атмосферы в ее современном состоянии или в научно изученном прошлом — в геологических периодах. Поэтому мы можем считать, что в этих пределах, т. е. в пределах геологических эпох, состав воздуха был неизменен; он был в общих чертах тем, каким мы его наблюдаем ныне.

372. Деятельность человека. Трудно учесть и выразить в ясных образах роль человека по отношению к кислороду воздуха или поверхностных областей литосферы.

Несомненно, в общей экономии природы его работа в этом отношении не выражается какими-нибудь очень определенными, во всяком случае стойкими, результатами: многочисленные и разнообразные нарушения им установившегося равновесия быстро и неуклонно восстанавливаются в механизме природы; очень резко выражается это, например, в восстановлении нарушенного им равновесия в реках (§ 369). Точно так же ничтожны отклонения, вносимые в общий установившийся строй атмосферы изменением состава воздуха больших городов, местечек, рудников, сгора-

[1] См., например, Schwarz, 1910, стр. 91 и сл.

нием топлива. На общих числах состава атмосферы они не отражаются. Все человечество могло бы существовать на Земле сотни тысяч лет, если бы даже поглощаемый им кислород вновь не возобновлялся естественными процессами[1]. Влияние его на элементарные газы атмосферы, особенно на кислород, могло бы быть замечено лишь через тысячи лет. Можно поэтому сказать, что изменения, какие человек вносит в состав атмосферы, весьма чувствительные, например для углекислоты, не отражаются заметным образом на кислороде.

373. Может быть, несколько большее значение имеет человек — как и вообще все живое вещество — в круговороте азота, так как количество усвояемых организмами форм азота крайне ограничено, а столь важные для организмов аммиачные и кислородные соединения азота находятся в атмосфере и в почвах в едва количественно измеримых следах.

Одним из характерных проявлений деятельности человека является резкое, все усиливающееся нарушение равновесия в количестве связанного азота, обмена азота между океаном и сушей. В этом отношении человек является одним из самых энергичных геологических агентов. Раньше равновесие это нарушалось только геологическими процессами, связанными с движениями моря и суши, например — скоплением органических остатков около берегов; при этом ветром и деятельностью морских птиц и прибрежных организмов некоторое количество связанного азота постоянно выносилось из морей и вновь поступало в сушу. В геологически новое время человек явился новым фактором в этих процессах. Рыбной ловлей и добычей других морских продуктов человек извлекает из океана огромные количества азота, больше, чем все другие природные агенты, вместе взятые. Можно видеть значение этого процесса на примере Северного моря. Сюда, по исчислению Джонстона[2], реки ежегодно вносят $390 \cdot 10^7$ кг азота; в виде рыбы и других продуктов человек ежегодно извлекает оттуда не менее десятой части поступающего из суши азота,— возвращая его вновь на сушу.

Конечно, человек берет не газообразный азот, но, изменяя количество связанного азота, он влияет определенным образом и на историю свободного азота в земной коре.

Не менее резкое влияние оказывает он, изменяя характер процессов на суше благодаря развитию и расширению культурного хозяйства, влияя на условия жизни микроорганизмов. Этим путем человек энергично изменяет круговорот азота. Достаточно отметить, например, что черный пар нашего климата является местом энергичного развития поглощающих азот организмов. Мы видели уже, с другой стороны, какое количество кислородных соединений азота получается при сгорании топлива (§ 366).

Однако, наряду с такими процессами связывания азота, человек производит работу и разрушения азотных соединений, выделения его в свободном состоянии. Вероятно, два процесса имеют в этом отношении наибольшее значение: сожжение трупов и топка дровами, соломой, углем. Едва ли можно сомневаться, что эти процессы погашаются с избытком той деятельностью человека, которая химически связывает азот. При употреблении угля только небольшая часть связанного азота (в виде аммиачных соединений) захватывается человеком. По исчислению Парсонса, $^5/_6$ связанного азота в 1910 г. были потеряны в виде свободного азота[3].

---

[1] Dumas et Boussingault, 1844, стр. 18. До 800 тыс. лет.
[2] J. Johnstone, 1908, стр. 291—293.
[3] Parsons, 1912, стр. 31. Ср. Pennock, 1912, стр. 172.

Повидимому, и в деятельности человека устанавливается равновесие; изменения, им вносимые в историю азота, имеют только местное, быстро исчезающее значение.

374. Газы воздуха в струях в России. В *Архангельской губ., в Печорском у.*, на Ухте, в газе, сопровождающем нефть, 0,2% O; в другом анализе 3,8% O—может быть из воздуха[1].

Многочисленны на Кавказе.

В *Бакинской губ.*, в Сураханах, 0,39—1,41% O, 0,58—4,51% N в метановых струях[1]. В очень многих случаях в газах Биби-Эйбата в связи с с нефтью O и N гораздо больше (17—18,2% O, 68,7—80,7% N), что зависит от того, что берут неправильно пробы, попадает воздух[1].

В *Кубанской обл.*, в метановой струе при бурении содержится 17,55% N[2]. В метановой струе в Темрюке, на склоне горы Мыски, содержится 0,4% O, 1,5% N[3].

Терская обл., Владикавказский окр., ключи около Ардонской станицы богаты выделениями газа, которому Штебер приписывает происхождение из гипотетического ледника, погребенного в этой местности. Совершенно фантастическое объяснение. *T* 12—14°C. Бьющие ключи около Ардона и Николаевки выделяют газы в районе 17—23 км². Криница Турчика дает до 10 л газа в сутки (она не из самых богатых газом). В газах спектроскопически найден аргон. В 1000 объемов: 849,1N, 149,4O, 1,5CO_2[4].

В метановых струях Грозного, связанных с нефтью, 1,2—11,49% N, 0,21—1,4% O[1].

375. Газы в реках и озерах России. Для *Волги* см. о кислороде Ю. Балталон (1913). Годовой минимум у Астрахани — март (4,8 см³ на 1 л). Июль — август — избыток против нормы. С глубиной нет заметных изменений. В разных частях реки —разно. Более богаты быстрые протоки.

376. Судьба благородных газов. Не принимая чисто химических реакций, они не остаются без изменений. Возможно, улетают.

Для неона была попытка объяснить его образование из водорода при низких давлениях[5].

Водород

377. Водород в литосфере. Водород играет огромную роль в химических процессах земной коры. Однако роль его нам сразу не видна, так как в земной коре газообразный водород быстро исчезает. Повидимому, он принадлежит к числу тел, постоянно образующихся и столь же постоянно переходящих в новые формы соединений, так что количество его, одновременно присутствующее в данный момент в земной коре, относительно невелико.

Водород в земной коре находится: 1) в растворе в воде (в горячих источниках, например в гейзерах), может быть в нефти; 2) в газообразном состоянии (в газовых струях, в сгущениях и испарениях) и 3) может быть в каких-нибудь формах твердых растворов.

---

[1] Стопневич, 1917, стр. 30; 26; 28—29; 24.
[2] Лидов, 1911.
[3] Эргарт, 1916, стр. 1.
[4] Штебер, 1903, стр. 58 и сл.
[5] Collie a. Patterson, 1913 (1), стр. 419; 1913 (2), стр. 257; Masson, 1913, стр. 233; Collie, Patterson a. Masson, 1914, стр. 30; Collie, 1914, стр. 554. Против: Strutt, 1914, стр. 499; Merton, 1914, стр. 549; Egirton, 1915, стр. 180.

Несомненно, водород выделяется в газообразном состоянии при всяком вулканическом извержении. Нахождение свободного водорода было указано для Этны еще в XVIII столетии Доломье[1], но эти старинные указания, повторявшиеся многими исследователями, возбуждают сомнения, ибо обычно водород здесь смешивался с H_2S и с углеводородами. Ясные указания (правильные, но косвенные) дал на нахождение водорода в Везувии в 1833—1834 г. Пилла[2].

Впервые точно констатирован был водород в связи с вулканическими явлениями в сольфатарах Исландии Бунзеном в 1853 г.[3]. Затем во время извержения Везувия в 1861 г. он был найден в газах, выделявшихся из трещин старинных лав Везувия под влиянием проникновения в них новой лавы[4].

Бунзен доказал, что водород выделяется сольфатарами постоянно в большом количестве, в течение столетий, в особых горячих углекислых струях. По его расчету только одна небольшая струя в сольфатаре Крисуик дает 12 м³ водорода в сутки. Общее же его количество должно быть огромно, и в день одна эта сольфатара выделяла не меньше 12 000 м³ водорода. Газ выходит под большим давлением. Процент водорода в общем составе газов колеблется от 0,8 до 8,4. На севере Исландии, в Рейкьялид, при пробуравливании почвы в большой сольфатаре получился особый газ, заключавший почти одинаковые количества CO_2, H_2S и H_2. В нем было 25,14% водорода.

Открытие Бунзена было подтверждено дальнейшими исследованиями. Так, Фуке нашел водород в газах, выделявшихся из моря в подводных извержениях Санторино, причем иногда газы здесь совсем не содержали водорода, иногда же его количество доходило до 30,09%[5]. По мнению Фуке, количество водорода увеличивается по мере приближения к центру извержения. В 1867 г. в Санторино были встречены газы, заключавшие до 56,70% H (богатого кислородом), может быть происходившие от диссоциации морской воды во время подводного извержения[5]. Количество водорода доходило в газах Пеле на Мартинике до 22,3%[6]. Однако эти числа, должно быть, указывают на какие-нибудь особые условия. Ибо исследования газов извержения Везувия 1906 г., произведенные в этом отношении с особой тщательностью, дали его колебания в пределах от следов всего до 3% общего количества газов[7]. Водород выделяется и из таких газовых вулканов, каким является сольфатара около Поццуоли[8].

Необходимо обратить внимание на термические свойства водорода. При растворении его в воде 1 г водорода выделяет 800 калорий. Так как водород составляет значительную часть ювенильных газов, надо принимать во внимание, что его теплоемкость — максимальная из всех известных веществ, и потому подымающийся горячий водород должен расплавлять встречаемые породы больше всех паров и газов, взятых вместе[9].

378. Происхождение водорода при вулканических извержениях не может считаться ясным.

---

[1] Dolomieu, 1788, стр. 363. Ср. Maravigna, 1838, стр. 112 и сл.
[2] Pilla, 1843; 1844.
[3] Bunsen, 1904 (2), стр. 135 и сл.
[4] H. Sainte-Claire Deville, F. Fouqué et F. Le Blanc, 1862, стр. 76.
[5] Fouqué, 1879, стр. 226—227, 232.
[6] Moissan, 1902, стр. 1085.
[7] Gautier, 1909 (2), стр. 1712 и сл.
[8] Nasini, Anderlini e Salvadori, 1898 (1), стр. 1371.
[9] Daly, 1914, стр. 278.

Опыты Готье показали[1], что при относительно низкой температуре — уже при 300° — пары воды действуют на силикаты закиси железа и, окисляя их, выделяют водород. Реакция эта схематически может быть представлена, например, так:

$$9FeSiO_3 + 4H_2O = 3Fe_2Si_3O_9 + Fe_3O_4 + 4H_2.$$

Этот водород, однако, быстро вступает в реакцию с окружающими газами, давая с CO_2—CO и H_2O, с CSO — CO и H_2S, и т. д. Очень возможно, что именно благодаря этому далеко не легко открыть свободный водород в газах вулканов.

Возможно, что часть этого водорода происходит и другим вторичным путем — разложением сложных газов. Так, по мнению Бунзена, водород горячих газовых струй Исландии мог происходить распадением при высокой температуре H_2S. На это указывает нередко наблюдаемое постоянство процента $H_2 + H_2S$ в смеси газов и обратная пропорциональность их объемов[2].

Очень вероятно, что часть свободного водорода вулканических извержений является в конце концов продуктом этих или других аналогичных вторичных химических реакций.

Однако едва ли можно считать вторичное образование такого водорода общим правилом. Очевидно т а к нельзя объяснить образование водорода в совершенно безводных вулканических струях, являющихся первой причиной вулканического пароксизма. А между тем и в них, как показал Брён[3], всегда есть водород, который находится в магме в виде каких-то легко разлагающихся при нагревании соединений или так или иначе собран в ней в свободном или растворенном состоянии.

Нельзя затем отрицать возможность нахождения в массивных породах р а с т в о р е н н о г о в них или, может быть, иногда находящегося в их порах свободного водорода. Этот водород должен выделяться при вулканических извержениях. Указания на нахождение свободного водорода в порах массивных пород и разнообразных минералов делались издавна. При нагревании порошков этих пород в безвоздушном пространстве водород нередко является одной из главных составных частей выделяющихся газов. Однако, как не раз уже указывалось (§ 350), происхождение этих газов неясно; часть их, несомненно, образуется во время опыта и не существует в свободном состоянии в минерале или в породе. Однако есть случаи такого выделения водорода, которые не могут быть объяснены воздействием наблюдателя. Так, например, по опытам Чемберлена, водород выделяется в значительном количестве из кварцев и бериллов, причем тела эти не заключают тех количеств закиси железа, какие потребны для объяснения его происхождения согласно теории Готье[4]. На то же самое указывают, мне кажется, и опыты Брёна[5] для газов, выделяющихся при нагревании мусковита или опала, содержащих водород (ср., впрочем, § 354).

В газах некоторых серпентинов Румынии (при нагревании) водород является преобладающим, составляя до 33,8% всех выделяющихся газов[6].

---

[1] G a u t i e r, 1901 (2), стр. 232; 1903 (1), стр. 17.
[2] B u n s e n, 1904 (2), стр. 143 и сл.; T o r k e l s o n, 1910, стр. 70.
[3] B r u n, 1911.
[4] R. C h a m b e r l i n, 1908, стр. 45.
[5] B r u n, 1911, стр. 263.
[6] P a m f i l et B a u m e, 1912, стр. 509.

В бериллах обнаружено 6,7 объема газа, и в нем преобладает водород. Это теперь имеет большое значение с современной точки зрения на водород.

Во всяком случае выделение того или иного водорода,— ранее в них находившегося или образующегося при высокой температуре распадением соединений, содержащих элементы воды,— всегда должно происходить при плавлении или сильном нагревании и давлении (т. е. сжатии) породы. Такой водород будет подыматься снизу из очагов плавления породы. Этим объясняется происхождение свободного водорода во время вулканических процессов, помимо тех вторичных реакций, которые указаны раньше[1].

Хотя водород и выделяется в вулканических извержениях, но он чрезвычайно быстро здесь же сгорает (§ 385), и потому количество его обычно незначительно.

Водород растворяется в железе, а потому возможно его нахождение внутри Земли[2].

379. Выделение водорода во время вулканических реакций и образование его при взаимодействии магм и воды ясно указывает, что водород должен постоянно выделяться в литосфере и так или иначе просачиваться на земную поверхность помимо вулканических струй и испарений.

И действительно, есть многочисленные случаи, указывающие на выделение водорода в газовых струях тектонического характера, аналогично тому, что известно для азота (§ 357). В отличие, однако, от азота, присутствие водорода в струях может быть доказано гораздо труднее, так как водород гораздо легче изменяется, чем азот.

Может быть поэтому его существование до сих пор не доказано, например, в водных растворах земной коры: он не встречен среди газов, находящихся в океанах или в реках. В газах источников он открыт в исключительных случаях.

В газовых струях тектонического характера он частью связан несомненно с вулканическими процессами, с реакциями земных глубин, частью образуется в верхней коре выветривания. К первому типу генезиса относится водород в газах, выделяемых горячими источниками, например в углекислых струях в соффиони в Тоскане, около Лардерелло и в окрестностях. Количество водорода в этих газах колеблется в пределах от 0,9 до 6,1% всех газов[3]. Таков же водород азотных и углекислых струй горячих источников Исландии. Здесь иногда получаются даже водородно-углекислые струи, например в Намафьялл, газы, по Торкельсону, содержат до 54% водорода. Повидимому, есть связь между H_2S, CO_2 и H_2 этих газовых струй — они находятся вместе и являются результатами одной и той же реакции[4] (ср. § 378).

Точно так же связаны с глубокими слоями земной коры газовые струи грязевых сопок (§ 356). Нахождение водорода в них было впервые указано в конце 1840-х годов И. Акоста[5], хотя значительно раньше предвиделось Гумбольдтом. Гумбольдт указывал, что сопки Турбако в Новой Гренаде, по его опытам 1801 г., состояли из азота с небольшим количеством водорода; по данным Пещека 1911 г., газы Турбако содержат главным

[1] Gautier, 1903 (2), стр. 561.

[2] Linck, 1912, стр. 26.

[3] Fouqué et Gorceix, 1869, стр. 947; Ch. Sainte Claire Deville et F. Le Blanc, 1858 (2), стр. 317; Acchiardi, 1872; Nasini, Anderlini e Salvadori, 1898 (2), стр. 110.

[4] Bunsen, 1904, (2), стр. 146; O. Christensen, 1889, стр. 225; Torkelson, 1910, стр. 49, 69.

[5] См. Boussingault, 1851, стр. 766.

образом метан и лишь в одном случае было найдено 0,4% водорода[1]. Нахождение водорода было проверено для разных типов сопочных газовых струй[2]—для углекислых, для метановых и для водородных. В углекислых струях в салинелле около Патерно в Сицилии количество водорода достигает 0,5—1,0%[3]. Водород находится и в углекислых струях сопки Сан-Биаджо[4]. Гораздо больше его иногда в метановых струях сопок; здесь количество водорода для Сан-Венерино и макалуб (грязевых вулканов) Сицилии (около Кальтаниссетты и Джирдженти) достигает от следов до 8,97%[4]. Точно так же сильно колеблется количество водорода в метановых струях Бакинских сопок; в одних его может совсем не быть, в других его много; так, например, по Харичкову, сопка Боз (одна из Баладжарских сопок) на Апшеронском полуострове давала 15,4% водорода[5].

Наконец, есть еще один тип сопочных струй, исключительно богатых водородом. Это водородные струи. Так, например, анализ газа в макалубе Джирдженти дал Сильвестри[6]:

H	85,74
C_nH_m	7,23
N	3,74
O	0,69
CO_2	1,69
	99,09%

Очень может быть, что водород является господствующим газом в других случаях грязевых сопок, этих до сих пор мало изученных явлений природы.

380. Аналогично азоту, водород входит в состав и других газовых струй. Так, он обычен в тех метановых струях, которые широко распространены в земной коре и дают колоссальные количества газа (§ 357). Количество водорода, выделяющегося в этих газах, не меньше, чем азота. Состав газа этих струй обычно чрезвычайно колеблется не только для разных местностей, но и для одной и той же скважины в разное время. Пределы колебаний для водорода американских месторождений 1,64 (Финдли в Огайо) —2,35% (Миксие в Индиане)[7]; некоторые — более старые — анализы дают даже бо̀льшие его количества — до 22,5% и больше[8]. Как указано, эти газы заключены в палеозойских песчаниках и выходят при бурении под огромным давлением —7—14 кг на 1 см²; известны исключительные случаи давления в 52,7 кг[9]. Метановые струи

---

[1] Humboldt, 1858, стр. 259, 512. Ср. § 356. Petschek, 1911, стр. 46.

[2] Silvestri, 1867, стр. 283 и сл.

[3] Анализ Фуке и Сильвестри — Silvestri, 1867, стр. 287. Фуке нашел всего 0,5% водорода (там же, стр. 284).

[4] Fouqué, 1865, стр. 422; Silvestri, 1867, стр. 287 и сл. Сперва анализ не дал водорода. См. Ch. Sainte Claire Deville et F. Le Blanc, 1858 (1), стр. 61.

[5] Абих, 1854, стр. 366 (анализ К. Шмидта); Краснов, 1904, стр. 12, 42 (анализ К. Харичкова); Харичков, 1911, стр. 235.

[6] Silvestri, 1867, стр. 289.

[7] H. Ries, 1905, стр. 43.

[8] L. Smith, 1876, стр. 570; Lesley a. Ashburner, 1886 (отд. оттиск, стр. 23); Sorge, 1887, стр. 96 и сл. Анализы Форда и Задтлера дают до 40% H, но Лесли правильно указал, что в этих анализах водород является результатом перечислений, и что прямых определений свободного водорода сделано не было. Ср. § 382.

[9] О геологии этих газовых отложений см. Ashburner, 1885.

другого происхождения тоже содержат водород, например газ в Вельсе в Австрии (§ 357) заключает 2—3,8% водорода[1].

Может быть, в связи с такими выделениями метана находится содержание свободного водорода в нефти. Он наблюдается как в самой нефти (в растворе ?), так и в сопровождающих ее газах[2]. Некоторые скважины на нефть на Кавказе давали до 30% водорода[3].

Водород найден в количестве до 2,3% (по анализам Гамбургского газового завода) в метановых струях около Нейенгамма близ Гамбурга[4]. Есть метановые струи в Америке, которые не заключают совсем водорода[5].

Не меньшие количества водорода наблюдались в мало изученных азотно-метановых струях Новоузенского у. Самарской губ. (§ 357). Анализы дают в них 3,4—10,6% водорода[6]. Еще больше водорода дают анализы газа в Ставрополе[7], но эти числа требуют проверки и, может быть, зависят от недостатков методов анализа.

Он встречен и в чисто азотных струях, например в газе, выделяющемся в Солт-Лейк-Сити в Юта (§ 357)[8].

381. Совершенно в стороне стоят во многом загадочные газовые выделения, чрезвычайно богатые водородом,—водородные струи, приноровленные, кажется, исключительно к соляным копям. Водород обычен в порах солей в Стасфурте[9]. Здесь образование его объяснялось восстановлением воды при окислении в ее присутствии галоидных солей закиси железа. Наиболее вероятным агентом при этой реакции является железистый карналлит, изоморфно примешанный к обычному карналлиту, или близкий к нему дугласит. При их распадении образуется окись железа — гематит,— пластинки которой проникают часто карналлит и придают ему обычный для Стасфурта красный цвет[10].

Однако есть случаи, где это объяснение не подходит к условиям выделения водорода; так, например, в Ней-Стасфурте газы, выделявшиеся с декабря 1878 г. до конца февраля 1879 г., содержали неизменно 93,1% водорода[11], тогда как солей закиси железа в этих залежах очень мало. Газ в бассейне источника Л'Эвек в 1900 г. содержал до 7% H; его связывали со сферосидеритами[12]. В Леопольдсгалле, около Гюстена, в течение нескольких лет выделяется в карналлитовом слое газ, содержащий 83,6% по объему водорода. Этот газ содержит гелий, и Эрдман[13] выдвинул в

---

[1] Stephani, 1903, стр. 29.

[2] Харичков, 1911, стр. 233.

[3] Харичков, 1902, стр. 171 (Грозное—до 33,1%); его же, 1911, стр. 236 (до 10% — Баку). Герр (1904) находил только его следы (Сураханы). Любопытно было бы сделать вновь тщательное научное определение водорода в этих газах.

[4] Voller u. Walter, 1910. Чако в них водорода не нашел (Czakó, 1913 (1), стр. 41).

[5] См. сводки анализов у Czakó, 1913 (1), стр. 69 и сл.; Hviid, Höfer u. Engler, 1913, стр. 725 и сл.

[6] П. Мельников, 1910, стр. 489; Досс, 1911, стр. 136.

[7] Стопневич, 1911, оттиск, стр. 3.

[8] G. Richardson, 1905, стр. 481.

[9] H. Rose, 1856, стр. 353; Reichardt, 1860, стр. 639; Precht, 1879, стр. 559; 1880, стр. 2326. В порах каменной соли Румынии водород не найден — Costăchescu, 1906.

[10] Rinne, 1910, стр. 12.

[11] Precht, 1879, стр. 558.

[12] Oesh, 1908.

[13] E. Erdmann, 1910, стр. 777. Сводку и многочисленные данные о водороде в калиевых месторождениях см. Scheerer, 1911, стр. 221 и сл.; Gropp, 1918, стр. 238.

последнее время новую гипотезу образования водорода—разложением воды под влиянием когда-то бывших здесь солей радия. Несомненно, это вполне возможно, так как радий дает в воде перекись водорода и свободный водород (§ 382).

382. Не менее обычны и газовые испарения водорода, сосредоточенные в самой поверхностной пленке земной коры.

Здесь водород постоянно и непрерывно выделяется аналогично ранее рассмотренным случаям (§ 359, 361), как путем чисто химических процессов, так и под влиянием жизнедеятельности организмов. Ни в каком случае мы не можем оставлять эти выделения без внимания, так как, несмотря на свою незначительность, они играют, складываясь, ясную и определенную роль в истории земной коры.

Чисто химические процессы такого выделения водорода мало обращали на себя внимания. Однако они должны всюду идти на земной поверхности, например, при действии ультрафиолетовых лучей или солей радия на воду. При этом идет образование перекиси водорода, связанное с выделением свободного водорода[1]. Такой водород едва ли когда собирается в значительных количествах в форме испарений или водных растворов. Но процесс этот идет беспрерывно и, очевидно, в конце концов, имеет большое значение.

Изредка кое-где газовые испарения водорода дают даже начало небольшим поверхностным газовым струям. Повидимому, однако, водород их связан с биохимическими процессами.

Так, водород указывается в газовых струях в каменноугольных копях. В гремучем газе каменноугольных копей, происходящем благодаря медленным процессам распадения их органического вещества, нередко указывается и водород. Эти указания в значительной мере основаны на неправильном толковании результатов анализов газовых смесей; при правильном толковании этих анализов возможное количество водорода в смеси оказывается в пределах погрешностей опыта. Обычно водород органических соединений каменного угля переходит в CH_4 и лишь в исключительных случаях выделяется в свободном состоянии[2].

При биохимических процессах распадения органического вещества постоянно выделяется на земной поверхности водород. Количества его, образуемые этим путем, должны быть очень значительны[3]. Так, он выделяется при гниении углеводов под влиянием разнообразных бактерий, найденных не только в организмах животных, но и вне их — в прудах, канавах и т. п.[4]. Еще резче, повидимому, может идти выделение водорода при брожении клетчатки, обычно в природе одновременном с метановым брожением[5]. Водород выделяется и при разложении белковых тел; биохимический механизм этого выделения далеко не вполне изучен[6].

Все эти процессы постоянно происходят в почвах и, может быть, сказываются не только в образовании медленных и ничтожных испарений

---

[1] Kernbaum, 1909 (1), стр. 227; Хлопин, 1911, стр. 561. Ср. § 412.

[2] Курнаков, 1903, стр. 95. Брунсвиг (Brunswig, 1910, стр. 18) считает нахождение водорода в рудничном газе вообще недоказанным. Новый анализ Чемберлена дал для газа из антрацитовых копей Люцерна (около Уилксбарра в Пенсильвании) 0,82% водорода (R. Chamberlin, 1909, стр. 31). Более старые (1885), произведенные по поручению прусского правительства наблюдения Шондорфа, дающие 5,8% водорода, возбуждают большие сомнения. См. Le Chatelier, Le grisou, стр. 11 и сл.

[3] А. Лебедев, 1910 (1), стр. 5.

[4] Kruse, 1910, стр. 321 и сл.

[5] Омелянский, 1909, стр. 280, 283; Kruse, 1910, стр. 374 и сл.

[6] Омелянский, 1909; Kruse, 1910, стр. 560.

водорода из почв, грязей и вод, но проявляются и в газовых струях, например для каменноугольных газов, так как весьма вероятно, что рудничный газ является результатом метанового брожения[1].

В рисовых полях Индии среди газов почв заключается 8,8% H[2]. Количество водорода в почвенном воздухе рисовых полей Южной Индии колеблется в естественных и неудобренных почвах, доходя до 11,5% всех газов (преобладает метан). В почвах удобренных его нет. Повидимому, он окисляется биохимическими процессами в самой почве. На поверхности почвы в газовых испарениях его уже совсем нет. См. § 347.

Небольшие количества водорода могли быть доказаны в отдельных случаях, где происходили подобные брожения и иного характера, например, он найден (в количествах до 2,55%) в газах, выделяемых илом рек, нацример Шпре[3].

383. До сих пор не является окончательно выясненным, может ли водород выделяться другими, более высокими организмами в нормальных условиях их существования или наблюдаемое его выделение ими всегда является результатом жизнедеятельности бактерий, их населяющих. Еще в 1793 г. Гумбольдт констатировал выделение водорода некоторыми грибами при сохранении их под водой. Позже не раз то же явление описывалось для различных растительных организмов. Однако оно не может считаться доказанным; наоборот, новые опыты, например С. Костычева, указывают, что, по всей вероятности, все случаи такого выделения связаны с биохимическими процессами гниения, вызваны жизнедеятельностью бактерий[4], а не являются результатом нормальной жизни грибов или других высших растений.

Еще меньше можно принимать во внимание ничтожные следы водорода, находившиеся не раз при изучении газового обмена высших позвоночных животных. Водород в большом количестве выделяется из кишечных газов травоядных животных (вместе с метаном)[5]. Его происхождение, вероятно, такое же.

384. Водород в атмосфере. Таким образом, свободный водород постоянно проникает в земную атмосферу, частью выделяясь разложением воды или из более глубоких слоев земной коры, частью производится неустанной работой бактерий на земной поверхности. Не исключена возможность и приноса его из небесных пространств в высшие пределы атмосферы, откуда он диффузией может проникать и в более низкие ее горизонты[6] (§ 316). Очевидно, следовательно, что он должен в заметном количестве находиться в атмосфере. И действительно, можно различить в ней две области, резко отличные по количеству водорода.

Во-первых, мы имеем верхнюю водородную оболочку, о которой упоминалось раньше (§ 317)[7]. Повидимому, выше 70 км от земной

---

[1] Состояние вопроса см. Kruse, 1910, стр. 383.

[2] Leather, 1915, стр. 85.

[3] Spitta, 1900, стр. 253.

[4] См. литературу и состояние вопроса у Фаминцына, 1883, стр. 618; Czapek, 1905, стр. 424; Костычев, 1910, стр. 138 и сл.

[5] Марков, 1913, стр. 1.

[6] Нельзя не отметить еще одной возможной формы выделения водорода в атмосферу в связи с явлениями распадения химических элементов. Как известно, такое образование водорода допускает Томсон, связывающий водород с положительными электрическими частицами и распадением атомов (J. Thomson, 1911 (2), стр. 892).

[7] Идея о нахождении водорода в верхних слоях атмосферы тесно связана с интересом к этому газу в конце XVIII века, когда Кавендиш нашел его воспламеняемость и легкость. Гей-Люссак в 1804 г. неудачно искал его, исходя из этих идей, в воздухе,

поверхности водород является главнейшим газом атмосферы. Нельзя, однако, не отметить, что все же все доказательства количественного его преобладания в этих участках земного шара — косвенные.

С другой стороны, водород несомненно доказан и в более низких слоях атмосферы, правда, в ее нормальном составе — в ничтожных количествах.

Спектральные линии водорода были видны в спектре молнии[1]. Есть указания на конденсацию H_2 в H_3 под влиянием электрических разрядов[2].

Под влиянием радиевой эманации аммиак распадается на водород и азот; этот процесс, очевидно, должен идти в природе[3].

Готье[4], позже Рэлей измерили эти количества и получили числа, которые дают колебания в пределе 3—20 объемов водорода на 100 000 объемов воздуха[5]. Более новые опыты Котса и Клода дают еще меньшие числа. По их опытам, один объем водорода приходится больше чем на 1 000 000—1 500 000 объемов воздуха[6]. Эти числа сравнимы с числами самых редких благородных газов воздуха и даже меньше их (§ 325).

385. Изменение водорода. Очевидно, водород, постоянно образующийся в земной коре, попадая в атмосферу, или в ней изменяется и переходит в другие соединения, или быстро уходит из ее нижних слоев в более высокие ее области[7].

Эти две возможности определяют всю судьбу водорода в земной коре. Скапливаясь на верхних границах земной атмосферы, водород может теряться для Земли, уходить в небесное пространство, чуждое влиянию земного притяжения. Можно было бы думать, таким образом, что Земля постоянно теряет водород, уменьшается в своей массе. Однако этот процесс имеет и обратную сторону. С тем же основанием приходится допустить одновременно происходящее улавливание Землей водорода более мелких небесных светил, приход его частиц в земную атмосферу из небесного пространства. В конце концов, мы едва ли видим уменьшение водорода земной атмосферы, но, наоборот, количество его в земной оболочке или должно увеличиваться или находиться в равновесии.

Но для водорода существует процесс изменения другого рода. Нахождение его ничтожных следов вблизи земной поверхности, где идут постоянные процессы его выделения, указывает или на то, что темп этого выделения вполне совпадает с процессом его диффузии в верхние области атмосферы или что он должен меняться на земной поверхности или вблизи ее.

И действительно, нам известны разнообразные химические изменения водорода вблизи литосферы. Эти процессы имеют огромное значение, ибо

добытом с высоты 6,6 км (см. Gautier, 1901 (1), стр. 8). Существование водородной атмосферы Земли выше азотной указывалось натурфилософами, например Биттнером (1853, стр. 370), много раньше современных физиков. Современную литературу — см. § 317. О теоретической возможности существования в верхних слоях атмосферы H_3 см. Levine, 1923, стр. 705.

[1] Pickering, 1901, стр. 368.

[2] Wendt u. Landauer, 1922, стр. 78D.

[3] Wourtzel, 1914, стр. 571. Ср. Gautier, 1903 (3), стр. 108.

[4] Первые определения Готье, впервые нашедшего водород, дали, очевидно ошибочно, слишком большие числа. Gautier, 1900, стр. 1684; 1901 (1), стр. 29 и сл.; 1903 (1), стр. 21

[5] Rayleigh, 1902, стр. 416. Ср. Leduc, 1902, стр. 860, 1332. Ср. также Liveing et Dewar, 1901, стр. 482.

[6] Coates, 1907, стр. 479; Claude, 1909, стр. 1456; 1910, стр. 1312.

[7] Gautier, 1901 (1), стр. 110.

только благодаря им водород сохраняется в земной коре и около земной поверхности, а не теряется нацело нашей планетой.

Известны сейчас три реакции, связывающие свободный водород.

Во-первых, под влиянием тихих электрических разрядов водород соединяется с азотом и дает аммиак [1]. Реакция эта должна постоянно идти в земной атмосфере.

Во-вторых, всюду в соприкосновении с воздухом должно идти окисление водорода, синтез воды. Так, в вулканических местностях во время вулканических извержений водород быстро окисляется кислородом воздуха, сгорая, в воду. Вероятно, то же самое должно происходить во время извержения грязевых сопок, не раз дававших пламя. Но, помимо этого, в обычное время в атмосфере должны идти реакции окисления водорода при соприкосновении с кислородом под влиянием электрических разрядов [2] или озона [3].

Наконец, водород может входить сразу в более сложные кислородные тела под влиянием бактерий, живущих во влажных почвах и способных им питаться. Эта биохимическая реакция была открыта еще в 1838 г. Т. Соссюром. Иммендорф указал на то, что она происходит в почвах, где существуют все нужные для нее условия, но сами соответствующие организмы были впервые выделены Казерером в 1905 г., и затем явления эти, ввиду их биологического интереса, обратили на себя большое внимание [4]. При этом процессе не только окисляется водород, но одновременно выделяется и свободный азот [5]. Под влиянием только этих бактерий (по Никлевскому — два вида *Hydrogenomonas*, по Лебедеву — *Bacillus hydrogenes*), сильно распространенных в почвах, водород может удерживаться в земной коре и не подыматься в верхние слои, не уходить от действия земного тяготения. Этим путем происходит в земной коре, к сожалению, ближе не изученный круговой процесс газового обмена, аналогичный действию организмов в круговороте азота [6].

Необходимо обратить внимание на вероятные реакции, производимые H_2: восстановление сульфатов, например, при прохождении горячих паров во время вулканических подводных извержений или аналогичных реакций в связи с углеводородами при генезисе H_2S (из гипсов и т. д.).

386. Деятельность человека. Нельзя не отметить, что водород постоянно образуется и жизнедеятельностью человека. И здесь, как и во всех других случаях самородных элементов, количество получаемого водорода увеличивается по мере роста культуры. С одной стороны, водород получается человеком сознательно (с конца XVIII века для целей воздухоплавания и химических производств), с другой — выделяется в случайных скоплениях. Так, например, в грязях сточных вод в городах количество водорода составляет до 9,6% всех газов; он быстро входит в атмосферу и обычным образом теряется [7].

387. Водород в России. Из предыдущего ясно, что выделение водорода на территории России должно происходить постоянно.

---

[1] Литературу см. Schlenck, 1907, стр. 199.
[2] M. Berthelot, 1900 (2), стр. 779.
[3] Pickel, 1904, стр. 307.
[4] Kruse, 1910, стр. 116; Niklewski, 1910, стр. 113 и сл. (литература); А. Лебедев, 1910 (1) (литература).
[5] А. Лебедев, 1910 (2), стр. 20.
[6] Ср. Вернадский, 1912 (1), стр. 161.
[7] Cavel, 1912, стр. 1811.

Очевидно, учету может подлежать только выделение его в газовых струях. К сожалению, у нас очень мало наблюдений над нахождением в них водорода. Водородные струи (§ 381) для России не указаны, хотя, надо думать, должны были бы наблюдаться в залежах соли[1]. Нахождение водорода в углекислых струях в пределах России также не наблюдалось. Главная масса наблюдений касается метановых, немногие — азотных газовых струй.

В *Европейской России*, в *Самарской губ.*, в *Новоузенском у.* (§ 380), в газе, выделяющемся в имении Мельниковых, содержится 4,22—10,65% водорода[2].

В *Таврической губ.* в составе природного газа указано 1,9% водорода[3]. В *Бердянском у.* в газовых струях (метановых) артезианских колодцев находится водород; так, в газе в имении Филибера 1,08% H по объему[4].

В *Эстляндской губ.* в метановой струе на о. Кокскер заключается 20,8% H[5].

На *Кавказе* и в *Закавказье* наблюдаются многочисленные выделения водорода в связи с выходами газов при бурении нефти или при извержениях газовых вулканов. Очевидно, ниже перечисленные указания являются немногочисленными и случайными данными, отнюдь не дающими понятия о силе и мощности процесса его выделения. В действительности, в этом участке земной коры идет значительное выделение водорода, пока наблюдениями не учтенное.

В *Кубанской обл.* в Мариинском источнике в Псекупсе в азотной струе 2,77 см^3 H_2 на 1000 см^3 газов[6]. В *Майкопском районе* в газе источников на Хокодзи у хутора Калганова в азотной струе содержится 4,60% H_2[7].

В *Ставропольской губ.*, Ставрополе (см. азот), находится 3,4% по весу (27,25% по объему) водорода[8] (см. также § 380).

В *Бакинской губ.*, на *Апшеронском полуострове*, констатирована в горючих газах примесь 0,30—0,98% H (§ 379, 380[9]). В Сураханах, в буровой № 2, в газе, взятом 5 декабря 1902 г., найдено 10% водорода[10]. В Баладжарских сопках наблюдалось до 15,4% H[10] (§ 379[9]). В *Шемахинском у.*, в сопке около Маразов, найдено 0,8 H[10].

В *Терской обл.*, в буровой Шпис около Грозного, в газе, взятом 8 мая 1902 г., найдено 1,7% водорода[10].

Гелий

388. Гелий в литосфере. Гелий — легкий, постоянно образующийся на Земле и, может быть, постоянно из нее уходящий газ, представляет для нас загадку, которая далеко не разрешается дальнейшими исследованиями, но становится только более сложной и значительной.

Он широко распространен в земной коре, но мы точно не знаем, в каком состоянии он здесь находится. Определенные соединения его не из-

[1] Ввиду указанных в § 381 неясностей в генезисе этих струй, было бы желательно, чтобы они обратили на себя внимание.
[2] Анализ К. Шнейдера. См. Досс, 1908 (1), стр. 214; 1911, стр. 136.
[3] Лидов, 1911, стр. 20.
[4] Константов, 1915, оттиск, стр. 15.
[5] H. Winckler, 1905, стр. 670.
[6] Штокман, 1885, стр. 49.
[7] Будик и Савельев, 1916, стр. 55.
[8] Прокопов, 1914 (2), стр. 336.
[9] Другие числа у Лидова, 1911, стр. 20.
[10] Харичков, 1911, стр. 235, 233.

вестны[1]. Возможно, что газ этот не способен давать устойчивые определенные химические соединения.

Нередко он встречается на Земле в свободном газообразном состоянии, но наряду с этим мы имеем в природе его растворы и притом, повидимому, в пересыщенном состоянии[2]. Мы можем говорить о твердом растворе, так как условия его выделения из таких минералов говорят против предположения о его нахождении в порах или в форме окклюзии. Некоторые минералы, например монацит, торианит, фергюсонит, выделяют часть гелия при простом истирании их в тонкий порошок[3]. Но нацело можно выделить гелий только или при химическом разрушении минерала[4], или при его накаливании в безвоздушном пространстве[5].

Гелий растворяется, хотя и очень слабо, в воде[6], поэтому несомненно, что он находится в земной коре и в другом виде — в жидких, главным образом в водных растворах, например в источниках, выделяющих газы, содержащие гелий.

389. Нахождение гелия в своеобразных твердых растворах обусловливается совершенно особыми явлениями его образования в земной коре и особым, резко выраженным его свойством задерживаться в самых разнообразных телах.

Гелий образуется на Земле благодаря постоянному, медленному, но непрерывно идущему распадению атомов урана, радия (или ония?)[7], актиния[8], тория[9], радона, может быть калия и ряда других элементов[10]. При этом распадаются атомы элементов, находящиеся в соединениях.

Следующие числа дают представления о количестве могущего образоваться этим путем гелия[11] (в год на 1 г вещества):

Уран	$2{,}75 \cdot 10^{-5}$	мм³
Торий	$3{,}1 \cdot 10^{-5}$	»
Урановые минералы, находящиеся в равновесии	$11{,}0 \cdot 10^{-5}$	»
Радий, находящийся в равновесии	158	»

По Дьюару[12], 1 г радия в день дает не более 0,499 мм³ гелия, т. е. в год около 182,5 мм³. Измерения Болтвуда и Рёзерфорда дают всего в сутки 0,107 мм³, т. е. в год 156 мм³ на 1 г радия[13].

---

[1] Tilden, 1896, стр. 218; Rutherford, 1907 (1), 499.

[2] Travers, 1905, стр. 249; E. Adams, 1905, стр. 322; Kohlschütter u. Vogdt, 1905, стр. 1419. По Фогду и Кольшюттеру, такие растворы гелия наблюдаются в минералах, содержащих одновременно U и H_2O.

[3] Процесс истирания тоже представляет очень сложное явление. Опыты Грея (Gray, 1909, стр. 301) показали, что при истирании торианита до величины зерен в 3 μ выделяется 28% заключающегося в минерале гелия; дальнейшее растирание (до 1 μ) не увеличивает его количества.

[4] Strutt, 1909 (1), стр. 1.

[5] Опыты Жакеро и Перро (Jacquerod et Perrot, 1904, стр. 789; 1907, стр. 135) показали, что гелий легко проходит через нагретую даже до 220° кварцевую трубку. Этим Траверс объясняет выделение гелия при нагревании минералов, заключающих в своем составе кремнезем.

[6] Estreicher, 1899, стр. 176; А. Антропов, 1910, стр. 474.

[7] Rutherford a. Soddy, 1902, стр. 581; Ramsay a. Soddy, 1903 (1), стр. 246; 1903 (2), стр. 204; 1904, стр. 346; Boltwood a. Rutherford, 1911, стр. 586.

[8] Debierne, 1905, стр. 383.

[9] Strutt, 1908 (2), стр. 56.

[10] Strutt, 1908 (2), стр. 594; 1909 (1), стр. 279.

[11] Geiger a. Rutherford, 1910, стр. 697.

[12] Dewar, 1910, стр. 404.

[13] Boltwood a. Rutherford, 1911, стр. 603.

При распадении этих элементарных атомов гелий остается в том минерале, в каком шел процесс атомного разрушения, образуя особый своеобразный тип твердого раствора[1]. Поэтому гелий находится во всех радиоактивных минералах. Его будет тем больше в этих минералах, чем дольше идет процесс образования гелия и чем больше в данном минерале того химического элемента, который является родоначальником гелия. Таким образом, по количеству гелия на одну и ту же массу исходного для гелия элемента можно вычислить древность данного минерала, число лет, протекших со времени начала накопления гелия, т. е. с начала образования радиоактивного минерала. Эти годы исчисляются сотнями тысяч.

Повидимому, при этом гелий не уходит из минерала, если только этот минерал нацело не уничтожается. Впрочем, некоторые опыты над нахождением гелия в микроскопически мелких (долях микрона) радиоактивных минералах массивных пород как будто указывают, что гелий выходит из их пределов и собирается в окружающих их частях породы[2]. На то же самое указывают некоторые явления, связанные с нахождением гелия во фторсодержащих минералах Гренландии. Они заставляют даже считать, что гелий может растворяться в веществах, выделяющихся одновременно с телами, его образующими (ср. § 391), может уходить из соединений, атомы которых дали ему начало. К этому заставляет склоняться нахождение гелия во флюорите из Ивигтута в Гренландии. Здесь Томсен[3] наблюдал выделение 0,024—0,027 см^3 гелия на 1 г вещества. Позднейшие исследования Ланге показали нахождение во флюорите урана и тория, причем флюорит, повидимому, растворял гелий и в участках, где нет этих элементов[4]. Вероятно, так должно объясняться нахождение гелия в криолитионите из Гренландии[5] и в минералах, не содержащих атомов, могущих дать ему начало, но содержащих его следы.

Уже при простом истирании (ср. § 388) минерала выделяется в некоторых случаях, например в настуране[6], гелий. Следовательно, он этим путем должен выделяться и в природе, например в детритовых породах, в частности в россыпях. Современные россыпи, богатые торианитом или монацитом, должны являться областями его усиленного испарения в земную атмосферу.

390. Количество гелия, находящееся в данном минерале, зависит, таким образом: 1) от его состава, 2) от его возраста и 3) от способности гелия удерживаться в данном теле. Максимальные его количества наблюдались до сих пор в настуранах[7] и торианитах.

---

[1] Траверс (Travers, 1905, стр. 248) считает неправильным приноравливать эти явления к растворам.

[2] Это может быть связано с легким прохождением гелия через соединения кремнезема. См. также § 388.

[3] J. Thomsen, 1898 (1), стр. 69; 1904, стр. 53.

[4] Lange, 1910, стр. 20 и сл. К сожалению, описание Ланге (стр. 23—24) неясно. Нельзя видеть, имеем ли мы здесь дело с раствором или с посторонними, содержащими уран включениями.

[5] Lange, 1910, стр. 24.

[6] Moss, 1904, стр. 154.

[7] Я отличаю коллоидальные разности урановой смоляной руды от ее кристаллических под именем настурана — Вернадский, 1911, стр. 21.

Гелий находится во всех минералах, содержащих уран и торий. До сих пор это правило оправдывалось для всех изученных случаев[1].

В связи с условиями нахождения тория и урана в минералах можно разделить минералы на такие, в которых уран и торий входят в химический состав данного тела, и на такие, в которых они являются результатом посторонних в нем примесей[2].

Наиболее богатыми гелием являются, например, следующие минералы, заключающие больше 1 см³ гелия на 1 г вещества:

Уранинит (?)[3]	13,5
Торианит[4]	8,9
Клевеит из Норвегии[3]	6,1
Монацит из Норвегии[4]	2,4
Бреггерит[4]	1,8
Эвксенит из Сетерсдаля[5]	1,63
Монацит, Фергюсонит, Самарскит[3,4]	1,5
Эшинит из Норвегии[3,4]	1,0—1,1
Колумбит[6]	1,3
Эшинит из Ильменских гор[4]	1,0
Циртолит из Льяно в Техасе	1,1

Минералы, менее богатые ураном или его не содержащие, дают гораздо меньшие числа, причем законности, указанные раньше, здесь менее ясны. Так, например, на 1 кг вещества выделяют гелия[7]:

Галенит	2 см³
Кварц	2 »
Берилл	3300 »

Нахождение гелия в столь относительно значительном количестве в берилле является загадкой. Также загадкой является аналогичное нахождение не менее значительных количеств гелия в сильвине. Или надо допустить образование гелия разложением калия (в сильвине) и неизвестного элемента в берилле, или возможностью для гелия выделяться из минералов, в которых он образовался, и собираться позже в других[8].

391. Гелий не найден ни в морях, ни в реках (искали его в водах Сены). Но он найден в большом количестве в водах минеральных источников. Есть источники, например Бурбон-Ланси (источник Лимб) в департаменте Сена и Луара во Франции, выделяющие в год более 10 000 л

[1] О нахождении гелия в минералах см. еще Ramsay, 1895 (1), стр. 151; Crookes, 1895; Ramsay a. Travers, 1895, стр. 684; 1896, стр. 442; Lockyer, 1895 (2), стр. 283; 1895 (1), стр. 1103; Ramsay, 1898 (1), стр. 437; Cleve, 1895, стр. 834; H. Wilde, 1895, стр. 466; J. Thomsen, 1898 (2), стр. 112; Moissan et Deslandres, 1898, стр. 1689; Черник, 1897, стр. 291; Strutt, 1905, стр. 95; 1908 (2), стр. 572; 1909 (1), стр. 278; 1909 (2), стр. 166; 1910 (2), стр. 96, 298; Lange, 1910; Piutti, 1909, стр. 211; 1910 (1), стр. 31; 1910 (2), стр. 454, 466.

[2] Вернадский, 1911, стр. 16 и сл., 33 и сл.

[3] Ramsay, 1898 (1), стр. 445.

[4] Strutt, 1905, стр. 95.

[5] Lange, 1910, стр. 13.

[6] Ramsay a. Travers, 1896, стр. 447.

[7] Strutt, 1908 (1), стр. 207.

[8] На эту возможность указывает, может быть, еще и то, что гелий способен при давлении вновь поглощаться порошками некоторых минералов, например клевеитом — Tilden, 1896, стр. 222. О гелии в торианите из Цейлона см. Büchner, 1906, стр. 385. О гелии в бериллиевых минералах см. Piutti, 1913, стр. 140; в сфенах (только в радиоактивных) — см. Magli, 1914, стр. 420. В американских карнотитах гелий не мог быть открыт. См. E. Adams, 1905, стр. 321.

гелия[1]. Пробы Бикара и Мурё показали, что годовой дебит гелия в различных горячих источниках Франции колеблется от 9,7 до 10074 л[1]. Источник в Юриаж в департаменте Изер выделяет в день 20 л гелия[2]. Очевидно, количество гелия, выделяемого ежегодно в источниках всей земной коры, огромно; к сожалению, мы не можем еще сейчас выразить этот процесс цифрами. А между тем его точный количественный учет представляет огромный интерес ввиду указанной выше роли гелия в разложении химических элементов Земли.

В общем можно в настоящее время утверждать, что гелий является обычной составной частью газов минеральных источников — может быть даже постоянной их составной частью[3]. В газе источников Франции объемный процент его колеблется от 0,00063 (Шато-Гюйон) до 10,16% (Сантеней)[4]. Этот последний источник (в департаменте Кот-д'Ор) является пока наиболее богатым известным месторождением гелия[5].

Не менее обычен гелий в источниках и в других местах земной коры, например, он указан в Батских источниках Англии[6], в Вильдбаде в Шварцвальде[7], в Бадене[8], в Карловых Варах в Чехии[9] и пр.

Количество гелия, наблюдавшееся в газах, свободно выделяющихся из минеральных источников, по Мурё, было[10] (в объемн. %):

Азотные струи	0,0028—10,16	53	источника
Азотно-углекислые струи	0,58 —0,224	2	»
Углекислые струи	0,328 —0,00063	9	»

Наиболее богаты (в %) гелием:

Гризи (источник д'Из)	2,18
Мезьер (источник Римский)	5,77
Сантеней (источник Карно)	9,97
» (источник Фонтен-Сале)	8,40
» (источник Литиевый)	10,16

Странно все-таки относительно малое количество гелия в углекислых струях.

Считая дебит источников, мы имеем следующие максимальные числа годового выделения газа (в л):

Нерис (источник Сезар)	33 900
Сантеней (источник Карно)	17 845
Бурбон-Ланси (источник Лимб)	10 020
Сантеней (источник Литиевый)	5 182
Бурбуль (источник Шусси)	3 048
Коломбьер на Орбе	2 428
Мезьер (источник Римский)	1 053

Здесь два источника, Коломбьер и Бурбуль, дают углекислые струи, остальные — азотные.

---

[1] Moureu et Biquard, 1908, стр. 436. В Сене сомнительные следы — см. Troost et Ouvrard, 1895. Впервые гелий в источниках наблюдали в 1895 г.— Рэлей, Бушар, Кайзер, Мурё.

[2] Massol, 1910, стр. 1126.

[3] Moureu, 1904, стр. 854; Moureu et Biquard, 1906, стр. 182.

[4] Moureu et Lepape, 1912, стр. 198.

[5] Moissan, 1902, стр. 1337; Moureu et Biquard, 1908, стр. 436; Moureu et Lepape, 1912, стр. 198.

[6] Rayleigh, 1895, стр. 223; 1896 (1), стр. 247.

[7] Kayser, 1895, стр. 89.

[8] Sieveking u. Lauterschläger, 1912, стр. 1043.

[9] Pesendorfer, 1905, стр. 359.

[10] Moureu, 1913, стр. 118—119, 124, 126—127, 133.

22 источника, изученные Мурё, дают в год 75 162 л гелия с минимумом 0,3 л и максимумом 33 900 л.

Нет никакого параллелизма между количеством гелия и радиоактивностью источников. Как будто бы даже сильно радиоактивные источники бедны гелием[1].

Очевидно, значительная часть гелия ископаемая, так как для ее получения необходимы такие количества радия, которые немыслимы.

Любопытна связь, наблюдаемая между источниками, богатыми гелием; например, в узкой полосе, ориентированной с юго-востока на северо-запад, расположены следующие источники: Сантеней — Мезьер — Гризи — Бурбон-Ланси — Нерис, т. е. все источники, богатые гелием (годовое количество). Вероятна связь с тектоникой.

Количество гелия, колеблющееся в разных источниках, объясняется разным содержанием его в тех слоях земной коры, которые омываются водами источников[2]. Стрётт видит в гелии источников проявление медленного векового разложения элементов в земных глубинах[3]. Но несомненно, часть гелия источников приносится вадозными водами, т. е. идет с земной поверхности.

Нельзя не отметить, что гелий растворяется не только в воде, он растворяется и в нефти, в газах которой он найден.

392. Помимо нахождения в твердых и жидких частях литосферы, которая, очевидно, заключает наибольшие количества гелия, гелий собирается в газовых струях земной коры, аналогично тому, что мы наблюдали для азота и благородных газов (§ 357) или для водорода (§ 379).

Гелий наблюдается при этом в газовых струях самого различного генезиса — вулканических, тектонических и поверхностных.

Так, он очень обычен в газах, связанных с магматическими явлениями. В фумаролах Везувия гелий был указан еще в 1881 г. Пальмьери[4], и это было первое указание на его земное нахождение, сделанное еще раньше знаменитой работы Рамзая. Однако Пальмьери нашел его спектроскопически в твердых продуктах фумарол, притом при условиях получения спектральных линий гелия, очень неясных и едва ли возможных. Работы Готье подтвердили его нахождение в газообразных продуктах извержения Везувия 1906 г., где он находится совместно со столь отличным от него по условиям земного нахождения аргоном[5].

В углекислых струях соффиони Лардерелло, связь которых с явлениями глубокой части земной коры едва ли может возбуждать сомнение,

---

[1] Moureu, 1913, стр. 126—127.

[2] Moureu et Biquard, 1906, стр. 797.

[3] Strutt, 1910 (2), стр. 234. Ср. Piutti, 1910 (2), стр. 486—487; Moureu et Lepape, 1912.

[4] Palmieri, 1881, стр. 233; 1895. Позже (1904) Назини и Андерлини не могли найти гелия в инкрустациях и минералах Везувия. Пиутти (Piutti, 1909, стр. 203) нашел его в цирконах из санидинитов Везувия (блоки Соммы) и в твердых продуктах фумарол. (Ср. также Piutti, 1910 (2), стр. 441). Назини и Андерлини (Nasini e Anderlini, 1904, стр. 371) указывают, что в условиях работы Пальмьери спектроскопически нельзя было открыть гелий. Ср. Piutti, 1910 (2), стр. 439. Есть специальная работа Флореса (Flores, 1909 или 1910 г.), доказывающая правильность открытия гелия Пальмьери. О гелии в газовых выделениях в земной коре см. Czakó, 1913 (1), стр. 42 и сл., 69 и сл. (сводка анализов). Об общности нахождения гелия в газовых выделениях (в частности, в источниках в земной коре) см. Czakó, 1913 (1), стр. 53. О гелии в Италии см. Porlezza, 1920, стр. 638. О гелии в Лардерелло см. еще Porlezza e Norzi, 1913, стр. 118.

[5] Gautier, 1909, (1), стр. 977.

найдено до 0,015% гелия[1]. Он найден в газах горячих источников Исландии, как в тех, в которых преобладает азот, так и в тех, где преобладает CO_2. Количество гелия доходит до 0,01%[2].

Для гелия горячих источников Исландии нельзя было заметить параллелизма с их радиоактивностью[3].

393. В тектонических и поверхностных струях гелий найден во всех их типах — в водородных, метановых и азотных.

В водородных струях гелий наблюдался в соляных копях, богатых калием. В Леопольдсгалле, около Гюстена, выделяется этим путем в год около 300 м³ гелия (с небольшим количеством неона). Его связывают с радием[4], может быть с радиоактивностью калия (§ 381).

Гелий оказывается очень обычным в газовых струях, особенно в азотных. Повидимому, он идет из земных глубин. В газе из Нейенгамма (близ Гамбурга) 0,0141% He, и ежедневно он дает 70 м³ He в атмосферу[5].

Самое большое количество, ныне известное, — 25 550 м³ годовых[6].

Своеобразные азотные струи из Декстера в Канзасе (§ 357) оказались чрезвычайно богаты гелием, количество которого в этом газе доходит до 1,84%. Исследование многочисленных, более 40, других газовых струй Канзаса и окрестных мест на гелий (главным образом метановые струи) указало, что гелий находится в них во всех, причем его больше в азотных и меньше в метановых струях. В метановой струе из Нейенгамма (ср. § 380) найдено He раз в 100 больше, чем его находится в воздухе[7]. В Техасе есть струи с 1—2% He.

Английским правительством в 1915—1918 гг. произведен учет содержания гелия в тектонических метановых струях, — нигде не найдено больше 0,5% He. Всего в Британской империи из этого источника может быть получено в год больше 336 000 м³ гелия[8].

Содержание гелия в метановых струях (в %)[9]:

В системе Блэкхис, Гамильтон, Онтарио	0,34
Альберта	0,33—0,36
Нью-Брунсвик	0,064
Новая Зеландия	0,077

Самое большое количество гелия встречено в Европе в газе из терм Вильдбада в Шварцвальде. Здесь выделяется 0,71% He, в 1400 раз больше, чем его находится в воздухе[10].

Однако и азотно-метановые струи (ср. § 357) содержат много гелия, например газ из Эвреки состоял из 51,40% CH_4, 46,40% N и 1,5% He[11].

Чрезвычайно любопытно нахождение его в метановых струях поверхностного типа — в каменноугольных копях.

---

[1] Nasini, Anderlini e Salvadori, 1898 (2), стр. 10; Nasini, 1904, стр. 217, 368; Porlezza e Norzi, 1911 (1), стр. 932; (2), стр. 338.

[2] Prytz u. Torkelson, 1905, стр. 340 и сл.; Torkelson, 1910, стр. 49.

[3] Torkelson, 1910, стр. 78.

[4] E. Erdmann, 1910, стр. 777.

[5] Czakó, 1913 (2), стр. 249. О гелии в термах и газах см. Sieveking u. Lauterschläger, 1912, стр. 1043.

[6] Moureu et Lepape, 1914 (1), стр. 420.

[7] Voller u. Walter, 1910.

[8] Mac Lennan, 1920, стр. 748 и сл., 778.

[9] Ср. Mac Lennan, 1919.

[10] Czakó u. Lauterschläger, 1913, стр. 16.

[11] Cady a. Mac Farland, 1907 (1), стр. 1523; 1907 (2), стр. 80.

Здесь находится, например в Монсе в Бельгии, 13% гелия по отношению к азоту[1].

Гелий всегда находится в газах каменных углей (метане) в таких количествах, которые необъяснимы ничтожными количествами радия и мезотория, находящимися в углях. В них больше гелия, чем в самых богатых им источниках. Так, например, в газовой струе угля в Анзене в год выделяется 4380 м³ He, в газовой струе Франкенгольца 3650 м³ He[2]. Для этого гелия приходится, так же как для азота и благородных газов газовых каменноугольных струй, искать происхождения в космическом его образовании в других стадиях Земли.

По наблюдению Мурё и Лепапа[2], в естественных каменноугольных струях 0,13—0,44% He, а в искусственных буровых 0,0003 — 0,050% He. Количество гелия, которое выделяется в каменноугольных газах, колоссально — оно превосходит во много раз максимальные количества источников. Так, максимальное количество гелия источника (в Нерис) — 34 м³ в год, а здесь 3650 м³ или 4380 м³. Правда, обычно эти струи через несколько лет прекращаются[3], однако настоящего объяснения этому нет. Очевидно, при горении угля выпускается значительное количество He в воздух. Гелий каменноугольных газов — ископаемый, и лишь часть его происходит из вещества угля.

Самое богатое количество He по отношению к N — в каменноугольном газе Монса (13% на N)[3].

В 1918 г. в форте Уэрт в Техасе добывалось ежедневно 140 м³ газа, содержащего 93% гелия после очищения.

Главная гелиевая площадь — Среднеконтинентальный нефтяной бассейн: 1) северный Техас и 2) северная Оклахома и южный Канзас. Газ здесь содержит 0,5% гелия, иногда 2%. Отношение N : He = 114 : 20. Слабое содержание N дает слабое содержание He. Наибольшее количество гелия — из неглубоких скважин в пенсильванских слоях. С углублением количество не уменьшается. Он связан с радиоактивностью[4].

Нельзя не отметить, что мы сейчас никоим образом не можем ясно представить себе химические процессы, вызывающие колебания содержания гелия в газовых струях. Здесь необходимо прежде всего тщательное собирание фактов; к сожалению, их еще очень мало.

394. Гелий в атмосфере. Очевидно, все время выделяясь и образуясь в земной коре, гелий должен быть найден и в атмосфере.

Однако здесь его немного — в 5 раз больше водорода, но в 3 раза меньше неона. Гелий был открыт раньше всего Кайзером[5] в воздухе Бонна. Впервые в 1904 г. Дьюар, несомненно, спектроскопически доказал присутствие гелия всюду в окружающем нас воздухе[6]. Рамзай определил его количественно; по его измерениям, 1,23 объема гелия приходится на 100 000 объемов воздуха (т. е. он составляет 0,000056% атмосферы по весу)[7]. Более новые определения Клода[8] дают меньшие числа: 5 объемов

[1] Moureu et Lepape, 1911 (2), стр. 849.

[2] Moureu et Lepape, 1914 (3), стр. 599; 1914 (1), стр. 406—407.

[3] Moureu et Lepape, 1914 (1), стр. 416—425. В 1920 г. авторы указывали для Эльзас-Лотарингии 23,8% He по отношению к N.

[4] «Nature», 1922, стр. 113.

[5] Kayser, 1895, стр. 89. Данные Кайзера подтверждены Фридлендером — Friedländer, 1896, стр. 657; Baly, 1898, стр. 198; Liveing a. Dewar, 1900, стр. 467.

[6] Dewar, 1904, стр. 17.

[7] Ramsay, 1905 (1), стр. 203; 1905 (2). Поправка бывшей ошибки см. его же, 1908 (2), стр. 599.

[8] Claude, 1909, стр. 1456.

гелия на 1 000 000 объемов воздуха. Если мы перечислим эти ничтожные числа на всю атмосферу, получим огромные количества гелия, существующие в данный момент в атмосфере — не менее $3 \cdot 10^9$ т.

Однако эти исчисления связаны с предположением об одинаковом распределении гелия во всех слоях атмосферы. Доказательств этому нет. Гелий мог быть констатирован в воздухе на высотах лишь до 10 км; между 10 и 14 км его найти не удалось[1]. В верхних слоях атмосферы — между 110—200 км — преобладает гелий[2]. В тропосфере — есть указания на криптон (§ 328), неон и водород (§ 384).

395. Судьба гелия. Постоянно выделяющийся на земную поверхность гелий, однако, не накапливается в земной атмосфере. Надо думать, что он постепенно уходит за ее пределы[3], так как вследствие легкости его атомов они должны достигать временами предельной скорости, уравновешивающей тяготение. В то же время неспособность гелия давать соединения исключает возможность существования на земной поверхности какого-нибудь задерживающего аппарата, который в виде живой материи существует для азота и водорода (§ 361, 385).

Если на эти соображения не повлияют какие-нибудь особые изменения гелия в исключительных условиях разреженных пространств и особых электромагнитных полей, окружающих земной шар, — гелий окажется тем элементом, при помощи которого наша планета понемногу теряет в небесное пространство свое вещество[4].

396. Гелий и человек. Гелий начали было использовать для аэростатов. Мак Леннан советует относиться осторожно к современному использованию гелия ввиду его возможного будущего значения[5].

397. Гелий в России. Несомненно, гелий должен находиться и выделяться и в том участке земной коры, на котором мы находимся.

Однако почти нет наблюдений над его нахождением в пределах России.

Мне не известны указания на нахождение его в газах источников или в газовых струях в России.

На *Урале* гелий указан в эшинитах из *Ильменских гор*. По Стрётту, в 1 г вещества находится 0,98 см³ гелия[6].

В *Самарской губ.*, в *Новоузенском у.*, в газовой струе на хуторе Мельникова спектроскопически открыт гелий[7].

На *Кавказе* гелий спектроскопически определен Г. Черником (1897, стр. 298) в золе каменного угля, повидимому, из Тквибульского месторождения.

---

[1] Teisserenc de Bort, 1908, стр. 220.

[2] Störmer, 1921, стр. 173.

[3] См. § 316. Кроме литературы, там указанной, ср. еще S. Cook, 1905, стр. 509; Stoney, 1905, стр. 510. По мнению Аррениуса, вычисления противоречат утверждению Стонея. Процесс мог бы идти при более высокой температуре и большем атмосферном давлении, чем это теперь наблюдается. Аррениус, 1914, стр. 162.

[4] Не исключена возможность поглощения гелия при давлении твердыми и жидкими телами (ср. § 390). Прямые опыты Пиутти показали, что некоторые вещества (например, Sb_2S_3, бура и т. д.), расплавленные в атмосфере гелия, поглощают его. (Piutti, 1911, стр. 13—14). О поглощении гелия при электрических разрядах см. Strutt, 1912, стр. 381.

[5] Mac Lennan, 1920, стр. 779. Об использовании гелия см. Porlezza, 1920, стр. 687.

[6] Strutt, 1905, стр. 98.

[7] Н. Тихонович у Стопневича, 1917, стр. 11.

Озон

398. Образование в земной коре. Особое значение в земной атмосфере имеют мало изученные, быстро разлагающиеся сложные молекулы элементов, среди которых наиболее важен O_3 — озон. Как известно, работы Томсона[1] указали на сложность состава самых обычных газов, подвергаемых действию электрического разряда. Для составных частей воздуха при этом условии получаются сложные агрегаты для азота, для кислорода, для водорода. Так, например, для кислорода наблюдается не менее семи разных по свойствам и составу видоизменений, в том числе озон — O_3 и еще более сложная частица — O_6; для азота имеется не менее пяти разных по свойствам частиц и т. д. (см. § 318, 320).

Несомненно, что этот процесс идет в широких размерах в природе, в земной атмосфере. С распадением и концентрацией обычных молекул данного газообразного элемента связаны явления ионизации воздуха или атмосферного электричества. Всякий электрический разряд, гроза и т. п., сопровождается выделением этих модификаций. Однако из них пока несколько выяснена только роль озона, но нельзя отрицать, что, может быть, некоторые из свойств, ему приписываемых, принадлежат не ему, а другим модификациям, всегда с ним образующимся, например O_6.

Совершенно не исключено нахождение озона в глубоких слоях земной коры, как очень эндотермического соединения. Опыты Уоррена показали, что при высокой температуре и высоком давлении водяной пар отчасти переходит в озон и перекись водорода[2].

Количество других окислителей (поправки на перекись азота или H_2O_2) ничтожно по сравнению с озоном[3].

399. Лишь недавно Ладенбургу и позже Гольдштейну[4] удалось получить чистый озон из искусственно полученного кислорода; вместе с озоном находился еще O_n, с бóльшим n, вероятно O_6. Само собою разумеется, мы нигде не имеем ничего подобного в земных условиях. Здесь озон находится только в атмосфере[5]. Однако здесь количество его исчисляется ничтожными долями процента. И для них возможны сомнения — не входят ли в эти числа небольшие количества других веществ, обладающих энергичными химическими свойствами, аналогичными озону. Существование в атмосфере озона принимается на основании того, что: 1) в природе происходят многочисленные физические и химические процессы в воздушной среде, во время которых — судя по опытам лабораторий — неизбежно должно выделяться некоторое количество озона; 2) его присутствие доказывается качественными реакциями, которыми, однако, кроме озона, открываются и другие вещества; лишь недавно найдены качественные реакции, открывающие только озон[6]; 3) изучение спектра поглощения

---

[1] J. J. Thomson, 1911 (1), стр. 227 и сл.

[2] H. Warren, 1898, стр. 192.

[3] Pring, 1915, стр. 448.

[4] Ladenburg, 1907, стр. 505; 1898, стр. 2508; Goldstein, 1903, стр. 3042.

[5] Озон указывался и в водном растворе — в воде источников. Проверка его содержания в источнике Фиуджи около Антиколи в Кампанье, где он указывался, дала при применении новых методов отрицательные результаты (Nasini e Levi, 1908 (2), стр. 192). Если он и образуется в водных растворах, то быстро разлагается благодаря свойствам этих вод, или лишенных кислорода или богатых живой материей. Новые работы Назини и Порлецца (Nasini e Porlezza, 1912, стр. 740, 803) доказали нахождение озона в воде источников в окрестностях Монте-Амиата в Италии (в Санта-Фиоре — 0,15 см³ в 1 л). Вода источников не обладает радиоактивностью, так что озон является продуктом каких-то химических реакций.

[6] Gmelin—Kraut, 1905, стр. 30.

атмосферы показывает в ней существование линий поглощения, которые свойственны только озону[1]. Наблюдения Ангстрёма указали присутствие значительных количеств озона в земной атмосфере (очевидно в верхних ее частях)[2].

Связь образования озона с ультрафиолетовым светом вызывает связь его количества с состоянием Солнца. При максимуме солнечных пятен уменьшается количество ультрафиолетовых лучей, достигающих Земли, а вместе с тем и количество озона. Однако с максимумом пятен связано увеличение северных сияний, а вызывающие их электрические разряды способствуют увеличению озона, особенно в верхних частях атмосферы[3].

Ф. Львов (1859, стр. 15—16; 1864, стр. 94) пытался доказать присутствие озона в газах некоторых сибирских минеральных источников (Туркинских, Кыру-Былыринских).

400. Количественные определения (иодометрическим и другими путями) дают нам предельные максимальные цифры, ибо вместе с озоном ими могут захватываться перекись водорода и какие-нибудь ближе не известные соединения — энергические окислители[4]. Эти числа малы — так, например, по Зенгру[5], пропуская 100 л воздуха через иодистый водород всегда можно открыть присутствие в них 0,01—0,002 мг озона и т. д. Едва ли ошибочно предполагать максимум озона по весу в атмосфере равным $2 \cdot 10^{-4}\%$[6].

Верхние слои атмосферы всегда им богаче, чем нижние[7]. Гайгерст и Прингг[8] не могли количественно определить озон в нижних слоях атмосферы, но в верхних (выше 16 км) количество его увеличивается; в среднем здесь находится 0,04 мг озона в 0,1—0,3 м³ воздуха. Исследования Анриэ и Бонисси указывают, что озон главным образом попадает в нижние слои атмосферы из верхних ее областей, приносится оттуда ветрами, а там образуется действием ультрафиолетовых лучей Солнца на кислород[9]. Максимальное количество озона, которое удается получить в воздухе при действии ультрафиолетовых лучей, 0,15%[10]. По исследованиям Принга[10] озон находится выше 3 км в количестве $5 \cdot 10^{-4}\%$ по объему. Между 4 и 20 км нет его заметного увеличения. В среднем на высоте от 5 до 20 км его $2{,}5 \cdot 10^{-6}\%$; в Альпах на высоте 3,5 км его $4{,}7 \cdot 10^{-6}\%$. По данным Линдемана и Добсона[11], он значительно преобладает выше 60 км, так как образуется действием коротких волн (1600—1500 Å) на O_2. Этим объясняется повышение температуры слоя 60—160 км, которая равна 280—300°.

На Монблане не удается найти озон после интенсивной инсоляции. Он здесь (4360 м) не образуется инсоляцией[12]. «Очевидно, поглощающий слой озона находится высоко и его мало или совсем нет внизу, близ поверхно-

---

[1] Kayser, 1905, стр. 361 и сл. (литература). О спектре озона атмосферы см. Humphreys, 1910, стр. 97 (литература).

[2] Ångström, 1904, стр. 395. Его нахождение раньше отрицалось, например Илосваем (см. Ilosvay de Ilosva, 1889, стр. 377). Об озоне в верхних слоях атмосферы см. J. Pring, 1914, стр. 204; 1915.

[3] Humphreys, 1910, стр. 110.

[4] Arnold u. Mentzel, 1902, стр. 1324, 2902.

[5] Zenger, 1857, стр. 78.

[6] Salet, «Diction. de chimie», II, 1, p. 720.

[7] Thierry, 1897, стр. 460.

[8] W. Hayhurst a. J. Pring, 1910, стр. 868.

[9] Henriet et Bonyssy, 1908, стр. 977—978; Fischer u. Brachmer, 1905; Lenard, 1900; стр. 503; 1906, стр. 29—30; Regener, 1906, стр. 1033.

[10] J. Pring, 1914.

[11] Lindeman a. Dobson, 1923, стр. 434.

[12] Bayeux, 1919.

сти Земли». Этот слой поглощает ультрафиолетовые лучи Солнца[1]. В нижних слоях атмосферы он разрушается благодаря окисляющимся веществам[2] (ср. § 401). Возможно, что синева неба связана с увеличением количества озона в верхних областях атмосферы[3].

Количество озона сильно колеблется в зависимости от атмосферных условий; так, например, в наших широтах утром его меньше в нижних слоях атмосферы, чем вечером, максимум озона в наших широтах (Москва) достигается в феврале и марте, минимум в июле[4]. Наблюдения Холмса[5] в Америке также подтвердили, что озона больше внизу зимой, чем летом; он образуется главным образом в верхних слоях атмосферы; грозы дают его мало. Его больше в морском воздухе[6], он почти отсутствует в воздухе больших поселений; и вообще в деревнях его больше, чем в городах[7].

Он неизбежно образуется в природе во время различных процессов, в ней совершающихся, — во время гроз и тихих разрядов электричества, сильных вулканических извержений[8], некоторых реакций окисления, например окисления органических веществ. Образование его более или менее точно констатировано в воздухе соляных градирен, возле водопадов и т. д. Однако здесь, может быть, мы имеем дело с явлениями ионизации воздуха, не зависящими от озона и раньше с ним смешиваемыми.

Помимо этого, озон образуется в связи с явлениями радиоактивности. Назини и Леви наблюдали это явление и в природе — в обогащении озоном воздуха вблизи сильно радиоактивных пород или источников, богатых эманацией. Их опыты подтвердили это наблюдение[9].

До сих пор не может считаться доказанным ни одно из объяснений его образования из кислорода. Очень вероятно, что для его образования неизбежно присутствие гидроксильных ионов, как думает Грефенберг; в таком случае все природные реакции образования озона так или иначе связаны не только с присутствием свободного кислорода, но и с процессами, сопровождающимися выделением OH′, т. е. так или иначе связаны с разложением воды. Однако этому противоречит его выделение в верхних частях атмосферы, бедных H_2O. Точно так же опыты Бертело и Годшона показали, что озон образуется под влиянием ультрафиолетовых лучей и в тщательно высушенном кислороде[10]. Правда, во влажном кислороде он образуется быстрее[11].

401. Изменение озона. Таким образом, несомненно, что это тело постоянно образуется исключительно на земной поверхности. Но здесь оно быстро исчезает. Едва ли можно сомневаться, что озон играет здесь огромную роль в процессах выветривания, хотя до сих пор природные реакции, идущие при его посредстве (кроме влияния на организмы), не изучены путем непосредственного наблюдения. Однако все, что мы знаем о его

[1] Rayleigh, 1920, стр. 588.
[2] Gräfenberg, 1903, стр. 369 и сл.
[3] Humphreys, 1909, стр. 14.
[4] Шене, 1884, стр. 250; 1894, стр. 2—3.
[5] Holmes, 1912, стр. 497.
[6] Не всегда, см. Schelenz, 1889, стр. 224.
[7] Houzeau, 1865, стр. 788; 1866, стр. 426.
[8] Обзор методов образования озона см. Gräfenberg, 1903, стр. 356 и сл. О его образовании при тихих разрядах см. Krüger, 1912, стр. 240. О его образовании при высокой температуре см. Sabatier, 1907, стр. 666. О его содержании в верхних слоях см. Fabry et Buisson, 1921. Об озоне в пустынях см. J. Walther, 1891, стр. 386.
[9] Nasinie Levi, 1908 (1), стр. 48; Lind, 1912, стр. 295.
[10] D. Berthelot et H. Gaudchon, 1910, стр. 1172.
[11] Г. Хлопин, 1911, стр. 561.

свойствах, и быстрое его исчезание на земной поверхности заставляет допустить, что озон служит одним из агентов, усиливающих реакции окисления на земной поверхности, играющих первостепенную роль в процессах выветривания. Так, например, он окисляет As в As_2O_3, окисляет азот (§ 366) PbS (дает англезит), органические вещества и т. д. В воздухе городов и городских поселений озон исчезает благодаря присутствию в нем восстанавливающих веществ, например муравьиного альдегида. Прямые опыты над воздухом Парижа показали его присутствие наверху и исчезание книзу; так, по исследованию Де Тьерри, на высоте 3020 м воздух содержит на 100 см³ 9,4 мг озона, а внизу, в Монсури, всего 1,9 мг[1] и т. д. Несомненно, роль его станет все более яркой по мере более научного изучения процессов выветривания в поле.

402. Озон в России. Как составная часть атмосферы озон несомненно присутствует всегда и в атмосфере наших мест.

Здесь явления, связанные с влиянием на него метеорологических условий, изучены для Петровского-Разумовского многолетними наблюдениями проф. Э. Шене. К сожалению, эти наблюдения далеко не всегда позволяют отличить его действие от действия других аналогичных веществ[2].

Более поздние наблюдения Э. Шене[3] над спектрами поглощения воздуха в Москве доказали присутствие озона в атмосфере спектроскопическими измерениями.

К сожалению, отсутствуют наблюдения над изменением количества озона с высотой в воздухе наших местностей и в наших климатических условиях (например, в воздухе степей) и изменение его свойств в областях, богатых радиоактивными веществами (например, в местах выхода радиоактивных минералов или сильно радиоактивных источников).

Хлор

403. Нахождение в земной коре. Свободный хлор наблюдается в земной коре временами как быстро исчезающий газ. Возможно, что он иногда находится и в водных растворах, но более несомненно его нахождение в газообразном состоянии. Его роль только начинает выясняться, и характер связанных с его образованием и изменением химических процессов не может считаться доказанным.

В водных растворах он был указан несколько раз, но все эти указания носили очень гипотетичный характер и можно на них не останавливаться. Возможно его нахождение в воде во время вулканических извержений, но здесь он быстро исчезает, давая разнообразные хлористые соли. Само собой разумеется, от растворов газообразного хлора в воде мы должны отличить слабые водные растворы хлористых солей, заключающие, по распространенной теории растворов, ионы хлора. Такие растворы играют крупную роль в коре выветривания.

Гораздо более несомненно нахождение в земной коре газообразного хлора. В газообразном состоянии он находится в двух видах: 1) в виде испарений хлора и 2) в газовых струях.

Испарения хлора наблюдаются при особых исключительных условиях, в зависимости от совместного нахождения в природе богатых кислородом

---

[1] Henriet, 1907, стр. 189.

[2] См. замечания о более старых определениях у Шене, 1877, стр. 43 и сл., 1880, стр. 14.

[3] Шене, 1884, стр. 251; 1894, стр. 2—3. Ср. Н. Егоров, 1882, стр. 34.

соединений, способных окислять галоидные соединения, выделяя из них свободный хлор. Сильный запах хлора отмечался около оз. Эльтон[1]. В морском воздухе отличали присутствие Cl и NaCl[2]. Такого рода реакции идут всюду в присутствии соединений двуокиси марганца. Хлор выделяется этим путем в верхних частях жил и играет в них важную химическую роль[3].

404. Гораздо более ясную роль играют хлорные газовые струи — выделение хлора в свободном состоянии во время вулканических процессов. Работы Брёна[4] показали, что выделение свободного хлора играет огромную роль в вулканическом пароксизме, во время того взрыва, который сопровождает вулканическое извержение. Хлор составляет при этом значительную часть газовых струй вулканов в первичных стадиях их образования, и мы можем говорить здесь о хлорных струях. По анализам Брёна, хлор должен даже давать заметную часть, по весу, всех газов, выделяющихся при извержении вулканов. В вулканах самых разнообразных мест земного шара мы наблюдаем одно и то же явление, так что, повидимому, выделение свободного хлора является характерной чертой всякого вулканического извержения. Очевидно, что количества его, таким путем выделяемые, временами огромны, и для всего земного шара процесс этот идет без перерыва.

Многие мало измененные вулканические породы — например стекла, обсидианы и т. п. — при нагревании, при определенной температуре пароксизма, выделяют свободный хлор. Хлор находят поэтому в газах, выделяемых при нагревании в природе некоторыми, преимущественно молодыми, вулканическими породами (см. § 350).

Очевидно, надо думать, что такое выделение хлора должно происходить и теперь всюду, где эти породы попадают под действие высокой температуры. Поэтому можно было бы ждать выделения хлора не только в вулканических, но и в тектонических газовых струях.

Однако хлор в газовых струях — помимо вулканов — не констатирован. Причиной, может быть, является исключительно легкая изменяемость хлора, хотя такое объяснение все же представляется мало достаточным. Он быстро переходит в соединения, давая HCl или хлористые металлы, и представляет крайне нестойкую, быстро уходящую составную часть земных газовых выделений.

В исключительных случаях хлор является побочным продуктом культурной жизни, например находится в воздухе ситцевых фабрик и т. п. Очевидно, никакого значения эти ничтожные следы не имеют, и такой хлор быстро исчезает.

Иод

405. Нахождение иода в природе. В свободном состоянии иод впервые был обнаружен в источнике Пагуа в Новой Зеландии[5]. Он был найден также в источнике Вудхолл-Спа в Линкольне[6]. Соединения иода в при-

---

[1] Гёбель, 1838, стр. 2.
[2] Эйхвальд, 1860, стр. 178, 224. См. также Seegen, 1862, стр. 188.
[3] Don, 1898, стр. 599; Rickard, 1902, стр. 207.
[4] Brun, 1909 (2), стр. 54; 1911. Раньше Брёна нахождение свободного хлора указывал для Котопахи Вольф (T. Wolf, 1878, стр. 164).
[5] Skey, 1877, стр. 445.
[6] Wanklyn, 1886, стр. 300.

роде почти неизвестны (иод-аргирит, иодобромит, изоморфная примесь в галоидных соединениях серебра и ртути и в фосфоритах, лаутарит и несколько других минералов), а между тем количество иода в земной коре не так незначительно (см. § 15). Из галоидных соединений свободный иод выделяется под действием света. Природные водные растворы, вероятно, тоже разлагают иодистые соединения, так как ионы иода наблюдаются в ряде источников и в морях. Из воды иод улавливается чрезвычайно легко организмами. Водоросли издавна служат источником для добывания иода. Иод очень распространен в организмах[1] и в свободном состоянии может выделяться при их распаде в фосфоритах, гуано, селитряных залежах.

Юстус[2] указал на нахождение иода в ядре всякой клетки и определил его содержание в различных органах живого организма, где оно колеблется от следов до 9,7 мг на 100 г вещества.

Жуки *Paussidae*, водящиеся в Африке, Азии, Австралии, в муравейниках, выделяют из заднепроходных желез летучую жидкость, содержащую свободный иод[3].

Роль свободного иода в природе еще почти не изучена[4].

Радиоактивные эманации

Радон. Торон. Актинон

406. Общие замечания. Необходимо еще свести вкратце те данные, какие мы сейчас имеем о нахождении в земной коре радиоактивных эманаций — этих мало изученных, повидимому тяжелых газов[5]. Из них только радиевая эманация — радон[6], хотя и полученный в ничтожных количествах, мог быть изучен в своих свойствах. Остальные могут быть только констатированы. Актиниевая эманация (актинон) совсем мало изучена.

А между тем их постоянное образование в земной коре, повсеместное распространение и связанные с ними изменения в характере энергии, остатки их превращений, повсюду рассеянные на земной поверхности, заставляют внимательно присматриваться к этой вновь открывающейся нам области знания.

407. Эманации находятся в земной коре в трех видах: 1) в газообразном состоянии — в виде характерных испарений, входя в ничтожных количествах в состав газов атмосферы и литосферы, 2) в виде водных растворов, обусловливая своим нахождением в водах их радиоактивность, и 3) в виде какого-нибудь раствора или окклюзии (?) в твердых минералах и горных породах земной коры.

---

[1] Gautier, 1899, стр. 648; Bourset, 1900, стр. 47 и сл. О распространении иода см. также Вернадский, 1899, стр. 48—49; Bourset, 1900, стр. 23 и сл. (есть литература); Vogt, 1898, стр. 324 и сл.; Jacquot et Willm, 1894. стр. 45; Autenrieth, 1897, стр. 508; Dieseldorf, 1899, стр. 321.

[2] Justus, 1902, стр. 501 и сл.; 1904, стр. 1.

[3] Холодковский, 1912, стр. 162.

[4] [См. добавления о иоде в природе в кн.: В. И. Вернадский. Очерки геохимии, 1934, стр. 35 (Избр. соч., т. I, 1954, стр. 45) и статью А. П. Виноградова в журнале «Природа», 1927, № 9, стр. 670.]

[5] Сводку о свойствах эманаций см. Hevesy, 1913, стр. 198 и сл.; о растворимости радона — стр. 200, торона и актинона — стр. 205, о захватывании эманаций коллоидами и металлами — стр. 207 и сл.

[6] [Радиевая эманация в старой литературе называлась нитоном.]

Растворимость эманаций в воде для радона изучал Гевеши[1]. При повышении температуры растворимость очень уменьшается и при 70° едва ¼ захватывается водою по сравнению с тем количеством радона, которое растворяется при 0°.

Характерна способность эманаций захватываться коллоидальными телами и даже кристаллическими (металлы).

Повидимому, мы имеем здесь дело с явлением, вполне аналогичным условиям нахождения гелия (§ 388). Образующийся газ удерживается твердым телом, в котором происходило распадение атомов. В отличие, однако, от гелия, способность задерживаться для эманаций выражена менее резко, может быть в связи с тем, что эманации сами постоянно разлагаются (§ 413). Ториевая эманация легко задерживается и не пропускается силикатовыми телами; так, она задерживается тончайшими листочками слюды.

408. **Радон и торон в литосфере.** Мы находим эти тела в литосфере частью в виде исходящих из нее газообразных выделений, частью в водных (и в углеводородных) растворах. Вероятно, относительно большие их количества сосредоточены внутри твердых продуктов литосферы. Однако причины такого скопления нам совершенно неясны.

Подобно тому, что наблюдалось и для других газов, например для водорода (§ 379), гелия (§ 392), аргона (§ 353), эманации связаны как с процессами глубоких слоев литосферы, идущими в метаморфической и магматической термодинамических ее областях, так и с процессами земной поверхности.

Так, с глубинными процессами связано, например, нахождение радона в газах, выделяющихся из горячих соффиони в Лардерелло в Тоскане[2], около Трекванды в Сиене или в углекислых струях, например, в газах Собачьей пещеры около Неаполя[3]. В Лардерелло на 1 м^3 газа приходится $4{,}813 \cdot 10^{-6}$ мм^3 эманации, отвечающей $8{,}02 \cdot 10^{-6}$ г радия в радиоактивном равновесии[4].

Эманации наблюдаются обычно в метановых газовых струях; в общем их радиоактивность очень мала. Повидимому, они захватывают эманации из окружающих пород[5]. С другой стороны, нахождение радона в метановых испарениях, вызванных гниением, очевидно, связано с поверхностными процессами[6].

409. Вероятно, глубинного происхождения большинство горячих терм, в которых констатированы радиоактивные эманации[7]. В источниках радиоактивные эманации находятся как в газах, из них выделяющихся, так и в растворе, причем в огромном большинстве случаев их больше (в процентном отношении) в газах, чем в воде источников[8]. Впервые радиоактивные газы были найдены в природных водах Томсоном[9].

---

[1] См. сноску 5 на стр. 474.

[2] Nasini, Anderlini e Salvadori, 1897, стр. 388; Nasini e Anderlini, 1905, стр. 70 и сл.

[3] Nasini e Levi, 1908 (1), стр. 551.

[4] Porlezza e Norzi, 1913, стр. 118.

[5] Czakó, 1913, стр. 59, 61.

[6] Satterly, 1911, стр. 356.

[7] Литературу см. Lucas, 1908, стр. 49, 1080; Бертенсон, 1914, стр. 27 и сл.

[8] Henrich, 1907, стр. 395. Однако наблюдения Массоля (Massol, 1908, стр. 844) показали обратное явление для источника Юриаж в департаменте Изер во Франции (о нем ср. § 391). Актинон констатирован, повидимому, для источников р. Лерез в северной Испании — Muñoz del Castillo, 1908, стр. 349.

[9] J. J. Thomson, 1904, стр. 172.

В источниках найдены радон и торон, причем количество их колеблется, но обычно обе эти эманации находятся вместе, например, в источниках Наугейма, Гомбурга, Крейцнаха. Есть, впрочем, указания на единичные нахождения, например в Содене наблюдался только радон[1]. Однако отрицательным результатам нельзя придавать решающего значения. Повидимому, все же не будет ошибочным считать, что в огромном большинстве случаев причиной радиоактивности источников является радон, а торон играет второстепенную роль[2].

Очевидно, все наблюдаемые различия связаны с теми породами, которые развиты по пути источников, откуда источники получают свою эманацию.

Количество радона и торона в источниках ничтожно. Врачи пытаются разделять источники по степени их радиоактивности; по классификации Ноордена — 1) сильно радиоактивные (>100 М. Е.), 2) умеренно радиоактивные (50—100 М. Е.) и 3) слабо радиоактивные (20—50 М. Е.). Меньше 20 М. Е. едва ли следует называть радиоактивными[3].

Есть поверхностные источники, богатые эманацией, например, вода одного колодца около Модума в Норвегии, по Поульсену,— до 164 М. Е.[3]. Наиболее богаты источники Брамбах в саксонском Фохтланде (2000—2270 М. Е.), главным образом они содержат радон[4], затем идут термы Искии (372 М. Е.)[5], Георгсквелле в Ландеке (206, М. Е.), Гаштейн[6] (149 М. Е.) и т. д. Обычные воды Яхимова обладают радиоактивностью в 600 М. Е. Огромное большинство источников, однако, стоит по содержанию эманаций в выделяемых ими газах далеко позади от указанных.

К сожалению, мы имеем чрезвычайно мало данных, позволяющих выразить эти количества в более рациональных единицах, чем маховские. Несомненно, количества эти ничтожны и могут иметь значение только благодаря своей распространенности. Так, определения радона в английских источниках дают числа, отвечающие от 1,73 мг до 1,19 мг радия на 1 млн. л воды. В 1 млн. л газа Кингс-Уэлла наблюдались количества радона, отвечающие 33,65 мг радия[7].

В некоторых случаях эти количества больше; они бывают столь велики и постоянны, что источник может являться рудой на эманацию. Так, например, углекислый источник в Коломбьер на Орбе (Эро во Франции) выделяет в сутки непрерывно 43 000 л газа, в том числе 860 мг/мин эманаций[8].

Радон найден Мурё[9] во всех источниках, в которых он его искал.

Лучше всего выражать количество эманации в «кюри». Кюри —

---

[1] Aschoff, 1908, стр. 2—3.

[2] Himstedt, 1904 (1), стр. 181, 188. Наблюдения Торкельсона над горячими источниками Исландии указали, что далеко не вся их эманация идет из глубоких слоев— часть ее доставляется поверхностными водами. Torkelson, 1910, стр. 82 и сл.

[3] Бертенсон, 1914, стр. 31, 34.

[4] Weidig, 1911, стр. 221; Freseniusu. Czapski, 1911, стр. 722. Для Ингушлинского источника на Кавказе было первоначально получено по одному определению — 1300 М. Е. (Карстенс, 1910, стр. 16). Однако, по проверке Э. Карстенса, он оказался слабо радиоактивным (А. Герасимов, 1915, стр. 92).

[5] Engler u. Sieveking, 1907, стр. 12. Радиоактивность окружающих пород не представляет ничего необычного (Nasinie Levi, 1908 (1), стр. 432).

[6] P. Curie et L. Laborde, 1904, стр. 1150; Engler u. Sieveking, 1907, стр. 9.

[7] Ramsay, 1912, стр. 134. Другие числа см. у Brochet, 1910, стр. 145.

[8] Danne et Crémieu, 1911, стр. 870.

[9] Moureu, 1913, стр. 117 и сл., 123—124.

это количество эманации, находящееся в равновесии с 1 г металлического радия (0,6 мм³ радона); миллимикрокюри $=10^{-9}$ кюри.

По наблюдениям Мурё, мы имеем на 1 л при выходе газов источников (в миллимикрокюри на 1 л):

	Минимум	Максимум	Источники
Азотные струи	0,57	508,80	42
Азотно-углекислые струи	1,17	4,25	2
Углекислые струи	0,14	141,50	12

Наибольшие количества наблюдались в источниках:

Бад-Гаштейн	508,80	Азотные струи
Баньер-Люшон (источник Бордё)	118,05	То же
Бурбуль	141,50	Углекислые струи

Принимая во внимание дебит, мы имеем возможность вычислить количество радона, отвечающее данному источнику. Ввиду разрушения радона его нельзя вычислять обычным путем. Можно получить понятие о количестве радона, измеряя количество его в течение месяца: это максимум, ибо по истечении месяца количество радона не увеличивается, его столько же образуется, сколько разрушается. Его выражают в микрокюри (10^{-6} кюри), отвечающих микрограммам (10^{-6} г) металлического радия, дающим то же количество радона, какое дает источник. В таком случае мы имеем максимальные числа.

Бурбуль	65 650	микрокюри
Коломбьер на Орбе	1 656	»
Нерис (Сезар)	365,05	»

Очень характерно, что оба максимальных источника дают углекислую струю.

Для всех 20 источников, изученных Мурё, мы имеем 67 998,9 микрокюри, из которых один Бурбуль дает 65 650, а 19 источников всего 2348,9. В каменноугольных газах Мурё и Лепапу[1] не удалось доказать присутствие радона, т. е. если он есть, его меньше 0,02 миллимикрокюри на 1 л.

В исследованных источниках (пресных и артезианских) Швеции (394 источника) преобладает радон, так что торон не мог быть количественно определен. В сильно радиоактивной воде из Винтервикен (164 М. Е.) 10% эманации относятся к ториевой[2].

Количество эманаций в озерах ничтожно (максимум в оз. Шунет — 0,24 М. Е.), в колодцах в тех же местностях и других — гораздо больше (несколько М. Е., максимум на руднике «Юлия» — 18,1 М. Е.)[3].

В воде Баньоль-де-л'Онь старые определения давали:

0,0113	микрокюри	(Кюри и Лаборд)
0,0024	»	(Мурё)
0,0002—0,0015	»	(Луазель)

Причина колебаний неясна[4]. Интересны изменения в количестве эманаций в воде источников, объяснения которым нет. Так, например, в газах минеральных источников, выходящих из архейского массива Кару

[1] Moureu et Lepape, 1914 (1), стр. 408.
[2] Sahlbom, 1915, стр. 18.
[3] П. Орлов, 1921, стр. 30—32.
[4] Loisel, 1919.

(Коломбьер, в деп. Эро), среднее годовое содержание эманации постоянно; но количество ее неуклонно увеличивается с 1912 г.[1].

1912— 8 миллимикрокюри на 1 л газа
1923—18 » » 1 » »

В источниках Пиренеев нет торона. Следы торона находятся в источниках Центрального плато[2].

Радон и торон не найдены в водах рек[3]. Однако они должны в них быть, так как всюду находятся в атмосфере и легко растворяются в воде. Они обычны во всех поверхностных пресных источниках[4].

Помимо нахождения в водных растворах, радон констатирован в нефти[5].

Эманации наблюдаются в газах, сосредоточенных в порах пород, главным образом рыхлых.

В почвах Миннесоты содержится всегда радон в количестве на 1 см^3 почвы от 13 до $80 \cdot 10^{-14}$ г Ra. В более плодородных почвах его больше. Там же—торон, отвечающий $25—71 \cdot 10^{-7}$ г Th[6]. В частности, они являются одной из составных частей почвенного воздуха. Он обычно богат эманациями, главным образом радоном, причем количество эманаций сильно колеблется в зависимости от свойств почвы[7]. Однако это количество все же во много раз превышает их содержание в атмосферном воздухе, например в Кембридже в 2000 раз — равно $200 \cdot 10^{-2}$ кюри[8].

В снежных осадках или ледниковых водах эманации не удерживаются и быстро исчезают после нахождения их в соприкосновении с обычным воздухом[9].

Газы, выделенные из массивных и метаморфических пород (§ 350 и сл.), на эманации, кажется, не испробованы.

410. Радон в гидросфере. Содержание радиоактивных эманаций в океанах одно время не принималось во внимание. Однако более тщательные исследования констатировали нахождение в них радона, повидимому, в связи с растворенными в морской воде, медленно разлагающимися солями радия или с их скоплениями в морской грязи.

Содержание радона в морской воде колеблется. Так, например, в то время как средняя радиоактивность в Атлантическом океане, связанная с радоном, выражается 0,1 М. Е., около о-ва Фернандо-Норонья она равна 0,3 М. Е., кое-где сходит на нет[10]. Эти числа раз в 20 меньше радиоактивности слабо радиоактивных терм. Надо думать, что эманации в морской воде происходят от радиоактивности морской грязи дна, которая различна в разных местах[11].

---

[1] Crémieu, 1923, стр. 826.
[2] Lepape, 1924, стр. 933.
[3] Ср. некоторые указания на эманации в прудах у Himstedt, 1904 (1), стр. 184.
[4] J. J. Thomson, 1904, стр. 172; Himstedt, 1904 (1), стр. 182; Blanc, 1910, стр. 525 (литература).
[5] Первые наблюдения сделаны Д. Д. Томсоном в 1902 г. См. Himstedt, 1904 (1), стр. 183; Burton, 1904, стр. 511.
[6] Sanderson, 1915, стр. 391.
[7] Литературу см. Lucas, 1908, стр. 48. Ср. Elster, 1903, стр. 522. Мысль о радоне, как причине активности почвенного воздуха, была высказана впервые Эбертом и Эверсом (Ebert u. Ewers, 1902, стр. 165). Ср. еще Sanderson, 1912, стр. 142 и сл.
[8] Satterly, 1911, стр. 355, 532.
[9] Gockel u. Wulf, 1908, стр. 909.
[10] Knoche, 1909, стр. 157.
[11] Knoche, 1912, стр. 114.

Для Атлантического океана определения Ива[1] дают в 1 г морской воды ничтожные количества радона, так как в ней находится едва ли больше $9 \cdot 10^{-16}$ г радия на 1 г воды. В общем, однако, здесь до сих пор получаются разными исследователями различные цифры[2].

Радиоактивность морской воды Атлантического и Тихого океанов на 1 г морской соли равна $147{,}7 \cdot 10^{-14}$ г Ra (т. е. $1877{,}8 \cdot 10^{-17}$ г на 1 см^3 воды)[3].

Определения Ra (эманации) в воде Мексиканского залива дали $1{,}7 \cdot 10^{-12}$ г Ra на 1 л. Среднее из определений Ллойда, Ива, Саттерли и Джоли дает $1{,}2 \cdot 10^{-12}$ г Ra на 1 л[4].

Эманации (радон) растворяются в соленой воде слабее, чем в пресной. На это указывают и опыты и наблюдения. По Кофлеру[5], коэффициент η для насыщенного раствора NaCl при 18° = 0,042, для H_2O при 18° он равен 0,28. По наблюдениям над морями (для Адриатического моря), при 18° $\eta = 0{,}165$.

411. Эманации в атмосфере. Эманации неизбежно должны постоянно попадать в атмосферу[6]. С одной стороны, радиоактивные элементы, с ними связанные, хотя и в ничтожных количествах, рассеяны всюду на земной поверхности. Очевидно, они должны всюду непрерывно выделять эманацию в атмосферу и этим пополнять ее запас при постоянном ее распадении[7]. С другой стороны, радон выделяется при действии высокой температуры на содержащие его твердые тела. Поэтому он должен уходить из глубоких слоев литосферы, где в магматической области вещество или расплавлено или находится в сильно накаленном состоянии.

Уже эти обстоятельства вполне объясняют нахождение радона и его аналогов в источниках, их выделение в газовых струях, выходящих из земных глубин.

Из газовых струй и источников и в виде испарений при разложении поверхностных радиоактивных элементов радон и его аналоги постоянно входят в земную атмосферу. Очевидно, таким образом, содержание их в атмосфере должно соответствовать их количеству в подстилающих ее твердых участках земли. Поэтому в воздухе над океанами их будет относительно меньше, чем над сушей.

Однако, в частности, далеко не все понятно в характере их распространения в земной атмосфере. Так, например, в воздухе над океанами[8] наблюдается больше активных радиаций, чем сколько их можно было бы ждать на основании их количеств, могущих исходить из морской воды, или приносимых реками из суши. По определению Рунге, индуцированная активность воздуха, зависящая от разложения радона, в середине Атлантического океана не меньше, чем вблизи его берегов[9]. Работы Кнохе[10] для Тихого океана, между 70 — 110° з. д. и 20—40° ю. ш., дают над ним ионизацию воздуха, не меньшую, чем над сушей. Мы не знаем, откуда

---

[1] Eve, 1909, стр. 107.

[2] Числа Ива (Eve, 1907, стр. 289; 1909, стр. 102) не сходятся с данными Джоли (Joly, 1908 (2), стр. 385; 1909 (2)). Ср. данные у Knoche, 1912, стр. 112, 152, 322.

[3] Mialock, 1915, стр. 267. По Джоли (Joly, 1909 (1), стр. 764), в морской воде находится меньше 10^{-8} г тория на 1 г воды.

[4] Lloyd, 1915, стр. 580.

[5] Kofler, 1908, стр. 6.

[6] См. сводку у Blanc, 1910, стр. 502 и сл.

[7] Вернадский, 1911, стр. 31, 39.

[8] Eve, 1907, стр. 286; Knoche, 1912. См. еще G. Simpson a. C. Wright, 1911, стр. 183 и сл. (любопытна связь с широтой места).

[9] Runge, 1911, стр. 109.

[10] Knoche, 1912, стр. 332.

получается наблюдаемый избыток[1], но, повидимому, мы имеем здесь дело не с эманациями, а с особой ионизацией воздуха, обладающей менее подвижными ионами, чем ионы, вызываемые эманациями. Очень вероятно, что это связано с газовым обменом океанов[2].

412. В воздухе атмосферы и в воздухе почв и рыхлых пород эманации были констатированы впервые Эльстером и Гейтелем и одновременно Селла и Поккетино[3]. Оказалось, что в них находятся все три эманации[4]. Эльстер и Гейтель (1902) доказали нахождение в воздухе радона. Существование в атмосфере торона впервые установил Бумстед в 1904 г. Количество ее по отношению к радону колеблется от 15% (Нью-Йорк, по Бумстеду) до 70% (Рим, по Блану), может быть, в связи с количеством тория и урана в почве. По Блану, например, в почвенном воздухе количество ториевой эманации отвечает содержанию 0,0000145 г тория в 1 г почвы. Но, помимо этого, существуют и другие условия, влияющие на отношения радона к торону, ибо на высоких горах радон возрастает быстрее, чем торон. В общей массе этих тел торон преобладает на низинах[5].

Актиниевая (актинон) эманация наблюдается в значительно меньшем количестве; иногда она совсем на могла быть найдена. Впервые ее нашел в воздухе Дадуриан (1905), а нахождение актиния в почве констатировал Гизель[6].

Количество радона и его аналогов связано с метеорологическими факторами, но связь эта очень сложная и не вполне ясная[7]. На нашем континенте ветер с моря уменьшает их количество. При низких температурах количество их в воздухе увеличивается.

Как уже указано (§ 411), в воздухе над океанами их относительно меньше, чем над сушей, причем количество их все же превышает то, которое можно было бы ожидать на основании радиоактивности морской воды. И для морского воздуха указана ториевая эманация[8].

Количество эманаций в воздухе почти в 1500 раз меньше в 1 л, чем то их количество, которое заключается в самых слабых минеральных водах[9].

Количество эманаций уменьшается с высотой; так, например, в среднем радона на высоте 5 м от земной поверхности содержится $82{,}5 \cdot 10^{-12}$ кюри, на 2400 м (гора Паней)[10] — $19{,}2 \cdot 10^{-12}$.

В свободной атмосфере, вдали от земной поверхности, эманации могли быть констатированы еще на высоте 3 км, причем их количество подвержено сильным колебаниям[11].

Есть попытки их количественного определения в воздухе. Около земной поверхности в среднем в 1 см^3 воздуха находится количество радона,

---

[1] Джоли (Joly, 1908) считает возможным, что конвекционные токи в воде океанов позволяют быстро утилизировать более глубокие слои морской воды. Это противоречит всему, что мы знаем о свойствах газов океанов. Ср. § 332. См. возможные причины у Knoche, 1912, стр. 330 и сл.

[2] Blanc, 1910, стр. 503 и сл.

[3] Rutherford, 1907 (1), стр. 536; Lucas, 1908, стр. 46 и сл., 1068 и сл., Sella e Pocchettino, 1902.

[4] Bumstead, 1904, стр. 1 и сл.; Budanek, 1905, стр. 436; Elster u. Geitel, 1905, стр. 67; Dadourian, 1905, стр. 16; 1908, стр. 335; Blanc, 1910, стр. 527 и сл.

[5] Gockel, 1909, стр. 248 (Ротгорн—Фрейбург); Gockel u. Wulf, 1908, стр. 907 (Церматт); Pacini, 1910, стр. 227. (По, Апеннины.)

[6] См. Blanc, 1910, стр. 530.

[7] Там же, стр. 516 и сл.

[8] Runge, 1911, стр. 109.

[9] Laborde, 1913.

[10] J. Wright u. O. Smith, 1914, стр. 31. Ср. Köhler, 1914, стр. 27.

[11] Flemming, 1908, стр. 801.

отвечающее $60 \cdot 10^{-12}$ г радия, однако максимальная и минимальная величины сильно разнятся, относятся друг к другу как 7 : 1[1].

Эманации в воздухе могут быть доказаны не только электрическим путем: линии радона (559,5) видны в спектре молнии[2].

Они находятся в воздухе и в водных растворах. В снеге и дожде всегда находится торон[3]. Снег во время грозы (на высоких горных вершинах) или град большей частью более богат эманацией, чем обычные осадки[4].

413. Изменение эманаций. Существование эманаций преходяще. Радон в среднем существует 3,86 дня, торон — 54 сек, а актинон еще меньше — всего 3,9 сек. В эти промежутки разлагается половина образовавшихся эманаций. Затем в равные этим следующие периоды времени исчезает половина оставшихся и т. д. В короткие промежутки времени своего бытия эманации выделяют значительные количества энергии, ионизируют воздух, разнообразным образом изменяют характер процессов земной коры, главным образом на ее поверхности.

Энергия, ими выделяемая и вносимая в химические процессы земной коры, отлична от энергии Солнца. Она является первым точным указанием на участие в химических реакциях Земли источника энергии, не связанного ясным образом с Солнцем — с обычным двигателем земных процессов.

Все эманации дают при своем разложении гелий и являются, таким образом, постоянным источником его образования (§ 389). Несомненно точно это доказано для радона[5].

Но, помимо гелия, они постоянно дают неизученные твердые продукты, муть, ту индукционную радиоактивность, по выражению Кюри, которая еще ждет своего исследователя. Мы знаем только, что она годами носится в газовой атмосфере Земли, где были эманации[6], и должна в конце концов оседать на земной поверхности после их исчезновения. Из чего она состоит — мы не знаем. Нигде мы не видим ее значительных скоплений.

Возможно, что эманации так или иначе влияют и на изменение химических элементов, как это допускал Рамзай для лития или меди. Но оставляя в стороне эту область, пока еще не охваченную точным опытом, отметим, что химическое влияние эманаций сказывается на многих реакциях, например, на разложении воды с выделением водорода и перекиси водорода (см. § 382)[7], образовании озона (§ 400) и т. д.

Повидимому, в количестве разрушающихся и образующихся эманаций установилось равновесие. Если это так, то оно показывает, что разрушение атомов на нашей планете, рождающее эманации, является не только постоянным свойством материи, но и количественно связано с ее массой.

Для эманаций, однако, не исключена еще одна возможность — возможность их приноса в нашу планету из небесных пространств. На допустимость такого процесса указывает нахождение в воздухе каких-то

[1] Eve, 1905, стр. 99 и сл.; 1908, стр. 622 (поправка данного раньше несколько высокого определения).

[2] Pickering, 1901, стр. 368.

[3] Wilson, 1902, стр. 428; 1903, стр. 17.

[4] Gockel u. Wulf, 1908, стр. 909.

[5] Ramsay a. Soddy, 1903, (2), стр. 204; 1903 (1), стр. 246; Himstedt u. Meyer, 1904, стр. 222 и сл. Ср. § 389.

[6] M. Curie, 1910, стр. 341, 380.

[7] Кроме литературы, указанной в § 382, см. еше Kernbaum, 1909 (2), стр. 706; 1909 (3), стр. 116. О влиянии эманаций на аммиак см. § 384.

очень проницающих радиаций. Дело будущего выяснить это явление, все значение которого сейчас от нас закрыто еле приподымающейся завесой[1].

414. Эманации в России. Исследования эманаций в России только что начинаются; до сих пор главным образом изучены только некоторые минеральные источники. Очевидно, случайные и немногочисленные наблюдения, какие мы пока имеем, не дают нам даже отдаленного представления о значении этого процесса в принадлежащей нам части земной поверхности. Как известно, почвы, горные породы (особенно кислые массивные) всегда являются более или менее радиоактивными. Следовательно, это должно наблюдаться и для горных пород и почв России[2]. Радиоактивность их зависит от нахождения в них радиоактивных минералов, т. е. минералов, содержащих уран и торий, может быть, калий и, может быть, отдельно выделенные соединения радия[3]. Понятно поэтому, что эманации должны выделяться всюду в месторождениях урановых и ториевых минералов[4].

Надо иметь в виду эти общие замечания при обзоре сделанных до сих пор следующих указаний на выделение эманаций:

В *Европейской России*, в *Бессарабской губ.*, в *Аккерманском у.*, присутствие радона констатировано в газах, выделенных из грязи[5].

В *Гродненской губ.* радиоактивны некоторые источники Друскеник[6].

В *Курляндской губ.*, в *Бауском у.*, радиоактивна вода источника Больдон[7].

В *Лифляндской губ.* радиоактивны грязи около Аренсбурга, Кеммерна, Пернова[8], вода Риги и т. д.[7].

В *Московской губ.* слабо радиоактивна вода водопровода Москвы[9].

В *Новгородской губ.* радиоактивны воды Старой Руссы (Муравьевский источник — до 0,8 М. Е.) и др.[9]. Слабая радиоактивность в *Боровичском у.*, углекислый источник у с. Пестунова, около с. Кончакского[10]

В *Псковской губ.*, в *Порховском у.*, радиоактивны источники Хилово[7].

В *Самарской губ.* есть наблюдения над радиоактивностью грязи Сергиевских и Столыпинских минеральных вод[11].

Для *Таврической губ.* есть наблюдения над радиоактивностью целебных грязей (Саки, Мойнакское оз. и т. д.). Радиоактивна грязь из Бердянска[12], грязь Ак-Мечетского лимана и майкопская[13]; также грязи Булганакских сопок[14].

---

[1] Gockel, 1912, стр. 14.

[2] Наблюдения для разных почв, грязей, пород России см. А. Соколов, 1905, стр. 101; Боргман, 1904, стр. 182 и сл.; 1905, стр. 166; 1910, стр. 257; Драверт, 1910 (2), стр. 22; Bekier i Bruner, 1911, стр. 753; Gockel, 1910, стр. 507 (гранит из Екатеринбурга). Для минералов литературу см. Вернадский, 1911, стр. 43. Общую сводку см. Бертенсон, 1914.

[3] Вернадский, 1911, стр. 40.

[4] Список этих месторождений см. Вернадский, 1911, стр. 44.

[5] Бурксер, 1911 (2), стр. 44.

[6] Мезерницкий, 1911, стр. 246.

[7] Свинне, 1910.

[8] Боргман, 1904, стр. 195 и сл.; 1905, стр. 67; Свинне, 1910.

[9] А. Соколов, 1905, стр. 134; Свинне, 1910; 1913.

[10] Свинне, 1913.

[11] А. Соколов, 1905, стр. 138.

[12] Боргман, 1905, стр. 67; А. Соколов, 1905.

[13] Гемилиан, 1911, 1912.

[14] А. Соколов, 1905.

В *Тамбовской губ.*, в *Липецком у.*, по Боргману (1910, стр. 257), радиоактивен торф.

В *Харьковской губ.*, в *Славянском у.*, по Боргману (1910), радиоактивна грязь Славянских озер.

В *Херсонской губ.* многочисленные наблюдения над Хаджибейским и Куяльницким лиманами около Одессы, их водой и твердыми продуктами, указывают на их радиоактивность и выделение ими радона и торона[1]. Вода одесского водопровода тоже слабо радиоактивна[2].

На *Кавказе* в последнее время сделано много определений радиоактивности вод, грязей и т. д. Здесь максимальная радиоактивность известна для Ингушлинского источника (*Терская обл.*).

В *Батумской обл.* радиоактивны (до 1,74 М. Е.) Махинджаурские сернистые источники, в сел. Махинджаури, в 5,5 км от Батума[3].

В *Кубанской обл.*, на *Таманском полуострове*, оказалась радиоактивной грязь сопок Карабетовой, Пекла и т. д.[4].

В *Кутаисской губ.* и *уезде* радиоактивны источники около сел. Цхалтубо (14 км. от Кутаиса) — до 6,79 М. Е.[5]. Радиоактивна грязь из долины р. Супса[6].

Ставропольская губ., *Александровский у.*, вода Кумагорских источников (около горы Кум, или Кинжал), радиоактивность 2,5 по Карстенсу (1910).

Терская обл.[7]. Радиоактивность источников, по Карстенсу (1910—1911; 1912—1913): Ессентукских — до 0,96 М. Е., Железноводских — до 20,9 (Кегамский источник в Северной группе), Калмыкаевского (Быкогорского) — до 17, Кисловодска — до 21,3 (буровая скважина; Нарзан— 4,7), Пятигорских — до 16,2; щелочной родник на з.-ю.-з. склоне Бештау — 21,5, Теплосерный № 2 — 55,3 М. Е.

Тифлисская губ. Ряд исследований был произведен для Боржомского источника[8].

По Е. Бурксеру (1915), радиоактивность Боржомского источника до 2,5 М. Е., Абас-Туманского — до 0,9 (Бурксер, 1912), Двирского, *Ахалцыхский у.*, — до 0,8 (Бурксер, 1912), Бари-Цхаро, *Горийский у.*,— 0,8, Лабинского — до 1,3 (Бурксер, 1915), Цихис-Джавар — 1,2 (ср. Аверкиев, 1912). Цагверских — до 0,7 М. Е. В *Тифлисском у.* радиоактивна грязь Авлабарских озер, около 9 км от Тифлиса (Бурксер, 1912), Мцхетские источники около сел. Мцхета (до 1,3 М. Е. по Р. Д. Купцису)[9]. Сернистые источники в Тифлисе — до 0,5, по Бурксеру (1912).

В *Сибири* радиоактивность констатирована для ряда источников.

Енисейская губ., *Минусинский у.* Радиоактивны воды оз. Шунет (0,24 М. Е.) и Шира (0,16 М. Е.)[10].

Забайкальская обл. Изучены И. Багашовым (1910—1911). В *Нерчинском окр.* Солонечный (Уровский) источник — 1,8 М. Е. Ямкунские

[1] Боргман, 1904, стр. 195; А. Соколов, 1905, стр. 138; Бурксер, 1911, стр. 40 и сл. (Здесь и предшествовавшие наблюдения).
[2] Бурксер, 1911 (1), стр. 4.
[3] Бурксер, 1912, 1913.
[4] А. Соколов, 1905, стр. 61. Измерения О. Лисицына.
[5] Бертенсон, 1914, стр. 45, 149.
[6] Боргман, 1910.
[7] А. Соколов, 1903, 1905, стр. 101 и сл.; Карстенс, 1910, стр. 16, 88; А. Герасимов, 1911, стр. 86; Мезерницкий, 1911, стр. 248.
[8] Мезерницкий, 1908, стр. 17; 1911, стр. 247; С. Залесский, 1910, стр. 258; Бурксер, 1915.
[9] См. Бертенсон, 1914, стр. 135—136.
[10] Предтеченский, 1912 (по определению П. Орлова).

(Газимурские) воды и грязи в 3 км от с. Газимурского—217,8 М. Е. В *Нерчинско-Заводском окр.* Богдатский ключ — 10,3 М. Е. В *Читинском у.*— Дарасунские воды — до 2,1 М. Е., Маковеевские источники — 7 М. Е., Молоновские источники —275 М. Е.[1].

Иркутская губ., *Тункинский край*, Ниловские воды, по Багашову — 5,8 М. Е.

Томская губ., *Бийский у.*, источник около Новой Белокурихи. В нем есть радон, нет торона[2].

Источники около оз. Синюхи (и колодцы) в окрестностях Колывани — 14 М. Е.[3].

---

[1] Багашов, 1911 (1), (2).
[2] Титов, 1910, стр. 368; 1913.
[3] П. Орлов, 1921, стр. 18—19, 38.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА[1]

Абамелек-Лазарев С., Материалы геол. Кавказа, (2), **10**, 1896, стр. 293—316.
[Абих Г.] Abich H., Mélanges phys. chim. Acad. Sci., SPb., **2**, 1854, p. 366.
[Абих Г.] Abich H., Sur la structure et la géologie du Daghestan, Mém. Acad. Sci. SPb., 1862, **4**, № 10, p. 25—27.
[Абих Г.] Abich H., Beiträge z. geol. Kenntn. d. Thermalquellen in Kauk. Länd., 1865, S. 13—40.
Абих Г., Медицинский сборник, I, 1866, № 2, стр. 81—82.
[Абих Г.] Abich H., Bull. Acad. Sci., SPb., **11**, 1867, p. 400—408.
Абих Г., Протоколы засед. Кавказского мед. общ., 1873—1874, стр. 310.
Абрамов, Зап. Геогр. общ., **12**, 1857, стр. 413.
Абрамов, Вестн. Геогр. общ., 1858, № 6, стр. 17.
Абрамович М., Изв. Геол. ком., **32**, 1913, стр. 585—627.
Авдеев (1), Горн. журн., 1839, II, стр. 508—514.
Авдеев (2), Горн. журн., 1839, IV, стр. 337.
Авдеев, Ann. Phys. u. Chem., **53**, 1841, S. 159.
Авдеев, Горн. журн., 1844, IV, стр. 160—161; 1850, I, стр. 83—89.
Аверкиев, Горн. журн., 1912, № 4—5.
Адрианов А., Путешествие на Алтай и за Саяны, Омск, 1888, стр. 92.
Азанчевский И., Вестн. золотопром., Томск, 1896, стр. 166.
Алексеев, Зап. Минер. общ., **3**, 1868, стр. 437.
Алексеев В., Горн. журн., 1887, I, стр. 117—119.
Алибер, Вестн. Геогр. общ., **11**, 1854. Смесь, стр. 11.
[Алибер] Alibert J. P., La mine de graphite de Sibérie, decouverte en 1847, P., 1865.
Альбов, Землеведение, М., 1899, стр. 152.
Альтберг В., Геофизич. сборник, II, СПб., 1915, стр. 49.
Андреев А., Каталог полезных ископаемых русского Туркестана, Т., 1912, стр. 30—174.
[Андржейовский А.] Andrzejowski A., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1850, стр. 195; 1853, стр. 301—302.
Андрусов Н., Ученые записки Юрьевского унив., 1897, № 1, стр. 4.
Анерт Э., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири. Геол. карта Зейского района, лист III, 2—4, СПб., 1905—1907, стр. 281.
Анерт Э., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, VI, СПб., 1906, стр. 59.
Анерт Э., Изв. Геол. ком., **26**, 1907, стр. 133.
Анерт Э., Изв. Геогр. общ., **44**, 1908, стр. 517.
Анерт Э., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, XVI, СПб., 1912, стр. 160.
Анерт Э., Изв. Геол. ком., **34**, Пг., 1915, стр. 800.
Анерт Э., Отчет Геол. ком. за 1916 г., 1917, стр. 294—303.
Анерт Э. и Полевой П., Ест.-произв. силы России, IV, вып. 7, 1917, стр. 180.
Аносов, Горн. журн., 1863, II, стр. 353; 1864, II, стр. 538—592.
Аносов (1), Горн. журн., 1865, II, стр. 62—71.
Аносов (2), Изв. Русск. Геогр. общ., 1865, I.
Антипов, Горн. журн., 1895, III, стр. 98.
Антипов А., Горн. журн., 1849, I, стр. 387; 1860, I, стр. 270—290, 480—483.
Антипов А. и Меглицкий Н., Геогностическое описание южной части Уральского хребта, СПб., 1858, стр. 108.

[1] [С указанием страниц, на которые ссылается автор в тексте.]

Антипов И., Горн. журн., 1892, I, стр. 326—327.
[Антропов А.] Antropoff A., Zschr. Electrochem., **14**, 1908, S. 5.
[Антропов А.] Antropoff A., Proc. Roy. Soc., A., **83**, 1910, p. 474.
Апыхтин, Горн. журн., 1888, III, стр. 179.
Аргентов К., Поездка на гору Изых. Томск, 1906, стр. 21—35.
Аргентов К., Горн. журн., 1907, IV, стр. 215.
Аррениус С., Представление о строении Вселенной в разные времена (перевод К. Покровского), М., 1914, стр. 162.
Арсеньев К., Тр. Минер. общ., **1**, 1830, стр. 295.
Архипов, Горн. журн., 1833, I, стр. 326—329.
Арцруни, А., Сера, Тифлис, 1875, стр. 17.
[Арцруни А.] Arzruni A., Zschr. Kryst., **8**, 1884, S. 339.
[Арцруни А.] Arzruni A., Zschr. Deutsch. geol. Ges., 1885, S. 866.
[Арцруни А.] Arzruni A., Chemie der Kristalle, Br., 1893.
Ауэрбах И., Вестн. Геогр. общ., 1854, № 6, стр. 131.
Ауэрбах И., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), **29**, 1856, стр. 155.
Африканов, Изв. Вост.-Сиб. отд. Геогр. общ., **21**, 1880, № 5, стр. 45.

Багашов И., Минеральные источники Забайкалья, М., 1905, стр. 46—52.
Багашов И., Вестн. бальнеол., **1**, Харьков, 1910, стр. 469.
Багашов И. (1), Сибирская врачебная газета, 1911, № 22—23, стр. 10.
Багашов И. (2), Тр. Физико-мед. общ., М., 1911.
Базаров, Журн. Русск. физ.-хим. общ., 1880.
Баклунд О., Изв. Акад. Наук, 1909, стр. 1021.
Баклунд О. и Хлопин В., Изв. Акад. Наук, 1915, стр. 891.
Балталон Ю., Тр. Ихтиол. лабор., II, 2, 1913.
Барбот де Марни Е., Изв. Общ. горн. инж., 1903, № 4, стр. 29.
Барбот де Марни Е., Горн. журн., 1912, I, стр. 105—109.
Барбот де Марни Н., Горн. журн., 1854, I, стр. 442; 1857, II, стр. 517—526; 1860, III, стр. 147; 1861, IV, стр. 400—402.
Барбот де Марни Н., Зап. Минер. общ., 1868, стр. 213.
Барбот де Марни Н., Материалы геол. Кавказа (2), **8**, 1894, стр. 385—395; (2), **10**, 1896, стр. 12—74.
Бароцци де Эльс, Горн. журн., 1829, I, стр. 131.
Бартольд В., Туркестан в эпоху монголов, II, СПб., 1900, стр. 99—245.
Баснин, Горн. журн., 1863, III, стр. 136.
Басов М., Горн. журн., 1861, II, стр. 461.
Бацевич Л., Материалы геол. Кавказа, (2), **1**, 1887, стр. 117—158.
Бацевич Л., Материалы для изучения Амурского края, СПб., 1894, стр. 43—78.
Бацевич Л., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., IV, СПб., 1897, стр. 10, VIII, СПб., 1898, стр. 15.
Бегер (1), Горн. журн., 1826, № 7, стр. 17.
Бегер (2), Горн. журн., 1826, № 8, стр. 41.
Бегер (3), Горн. журн., 1826, № 9, стр. 14.
Бекетов Н., Речи химика (1898), СПб., 1908, стр. 133.
Белозеров А., Горн. журн., 1856, IV, стр. 7.
Белоусов М., Горн. журн., 1884, III, стр. 341.
Белоусов М., Вестн. золотопром., Томск, 1893, стр. 103.
Беляев Н., Кристаллизация, структура и свойства стали, СПб., 1909, стр. 26—88.
Белянкин Д., Изв. СПб. Политехн. инст., **13**, 1910, стр. 98.
Бернер, Горн. журн., 1871, II, стр. 4.
Бернштейн Б., Докл. Яросл. губ. земск. собр., Ярославль, 1909, стр. 38.
Бертенсон Л., Радиоактивность в лечебных водах и грязях, СПб., 1914, стр. 27—149.
Берх В., Хронологическая история открытия Алеутских островов, СПб., 1823, стр. 4.
Берцелиус И. Б., Горн. журн., 1829, I, стр. 64.
[Биттнер И.] Büttner J., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1853, стр. 370.
[Блёде Г.] Bloede G., Über Übergangs-Gebirgsformation in Kön. Polen, Br., 1830, S. 19—91.
Блинов М., Горн. журн., 1860, IV, стр. 497.
Бобр В., Горн. журн., 1914, IV, стр. 147.
Бобр В., Геол. вестн., **1**, 1915, стр. 218.
Богачев В., Изв. Геол. ком., **22**, 1903, стр. 150.
Богачев В., Изв. Геол. ком., **27**, 1908, стр. 279—281.

Богданов Д., Горн. журн., 1882, III, стр. 106.
Богданов Д., Зап. Минер. общ., 18, 1883, стр. 152—153.
Богданович К., Горн. журн., 1895, IV, стр. 218.
Богданович К., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., II, СПб., 1896, стр. 102.
[Богданович К.] Bogdanovitch K., Résultats des explorations et des recherches de l'or sur la côté NW de la mer d'Okhotsk, SPb., 1897.
Богданович К., Материалы геол. России, 20, 1900, стр. 215.
Богданович К. (1), Очерки Номе, СПб., 1901, стр. 37—83.
Богданович К. (2), Очерки Чукотского полуострова, СПб., 1901, стр. 136—156.
Богданович К., Тр. Геол. ком., 19, № 1, 1902, стр. 29.
Богданович К., Учение о рудных месторождениях, I, СПб., 1903, стр. 84.
Богданович К., Геологическое исследование Кубанского нефт. района, Тр. Геол. ком., 57, 1910, стр. 11.
Богданович К., Железные руды России, СПб., 1911, стр. IX, 253.
Богданович К., Рудные месторождения, I, СПб., 1912, стр. 272—438.
Богданович К. (1), Рудные месторождения, II, СПб., 1913, стр. 163—216.
Богданович К. (2), Тр. II Съезда деятелей практ. геологии, I, СПб., 1913, стр. 98—109.
Богданович К., Ест.-произв. силы России, IV, вып. 7, 1917, стр. 34—128.
Богданович К., Ренгартен В. и Нацкий А., Сера, Ест.-произв. силы России, IV, вып. 23, 1917, стр. 11—21.
Боголюбский И., Горн. журн., 1869, III, стр. 365.
Боголюбский И., Очерк Амурского края, СПб., 1876, стр. 55.
Боголюбский И., Золото, СПб., 1877, стр. 20—25.
Боголюбский И., Минусинский, Красноярский и Ачинский округа Енисейской губ., СПб., 1884, стр. 16.
Боголюбский И., Описание золотоносной промышленности Амурско-Приморского края, СПб., 1897.
Богословский, Горн. журн., 1842, IV, стр. 16—21.
Большев, Изв. Геогр. общ., 1872, 8, № 3—4, стр. 188.
Боргман И., Журн. Русск. физ. общ., 36, 1904, стр. 182—195; 37, 1905, стр. 67—166.
Боргман И., Дневник XII Съезда русск. естествоисп., М., 1910, стр. 257.
Борисов П., Очерк геологии и полезных ископаемых Олонецкой губ., СПб., 1910, стр. 91—111.
Бородин И., Коллекторы и коллекции по флоре Сибири, 1908, стр. 29.
Бояршинов, Горн. журн., 1845, I, стр. 22; 1846, I, стр. 112.
Браунс, Химическая минералогия (перевод Ф. Левинсон-Лессинга), СПб., 1903 (нем. 1898).
Брейтгаупт А., Горн. журн., 1833, IV, стр. 297.
Брейтерман, Медная промышленность России и мировой рынок, I—II, Пг., 1922, стр. 36—111.
Брейтфус Л., Экспедиция для научно-промышленных исследований у берегов Мурмана, СПб., 1903, стр. 209.
Бронников М., Изв. Геол. ком., 27, 1908.
Бростэд Д., История Египта, I, М., 1915, стр. 30.
Брусницын Ф., Горн. журн., 1864, II, стр. 378; 1892, IV, стр. 459—465.
Будик А. и Савельев В., Изв. Донского Политехн. инст., 5, 1916, стр. 55.
Будрик В., Зап. Русск. бальнеол. общ., 16, 1914, стр. 34.
Булгаков А., Тр. бакинского отд. Русск. техн. общ., 1893, № 11—12, стр. 26.
Бунге Н., Зап. Киевского общ., естествоиспыт., 4 (2), 1875—1876, прот., стр. 88; 6 (2), 1881; стр. 88.
Бурдаков В. и Гендриков И. (1), Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 14, 2, 1896.
Бурдаков В. и Гендриков И. (2), Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 14,5, 1896, стр. 1—17.
Буркcер Е. (1), Зап. Одесского отд. Русск. техн. общ., Тр. хим. и радиол. лабор., 1911, № 1, стр. 4.
Буркcер Е. (2), Там же, 1911, № 2, стр. 40—44.
Буркcер Е., Там же, 1912, № 5.
Буркcер Е., Врачебная газета, 1913, № 15.
Буркcер Е., Журн. Русск. хим. общ., 1915, стр. 21.
Бутенев К., Горн. журн., 1828, № 1, стр. 142; 1834, I, стр. 442; 1837, IV, стр. 385—400; 1838, I, стр. 332; 1842, IV, стр. 138—147.
[Бэр К.] Baer K. E., Historische Fragen mit Hilfe der Naturwissenschaft beantwortet, SPb., 1873, S. 12—340.

Вагнер, Горн. журн., 1840, IV, стр. 34.
[Вагнер И.] Wagner J. F., Notizen über Mineraliensammlung A. Crichton, M., 1818, S. 104.
Вансович, Горн. журн., 1827, № 8, стр. 42.
Варвинский И., Нов. Магазин ест. ист., М., 1822, III, стр. 262.
Варенцов, Горн. журн., 1887, IV, стр. 403.
Васильевский М., Изв. Геол. ком., **33**, 1914, стр. 1103.
Вебер В., Тр. Ком. по исслед. Ташк.-Сибирской ж. д., **2**, СПб., 1909.
Вебер В., Изв. Геол. ком., **29**, 1910, стр. 664.
Вебер В., Полезные ископаемые Туркестана, СПб., 1913, стр. 13—185.
Вебер В., Изв. Геол. ком., **34**, 1915, стр. 421—425.
Вебер В., Рудный вестник, **1**, 1916, стр. 80.
Вебер В., Полезные ископаемые Туркестана, Доб. 1, Пг., 1917, стр. 43—77.
[Вейберг С.] Weyberg S., Cbl. Min., 1908, S. 523.
Вейнберг Б., Журн. Русск. физ.-хим. общ., **45**, 1913, стр. 84.
Вельяминов-Зернов В., Вестн. Русск. геогр. общ., **18**, 1857, стр. 124.
Вениаминов И., Записки об островах Уналашского отд., I, СПб., 1840, стр. 171.
Венюков, Зап. Русск. геогр., общ., **2**, 1861, стр. 152.
Вериго А., Зап. Одесского бальнеол. общ., 1883.
Вериго А., Тр. I Съезда деят. по климатол., гидрол., I, Одесса, 1899, стр. LIII.
Вернадский В. И., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), **10**, 1896, № 2, стр. 292.
Вернадский В. И. (1), Явления скольжения кристаллического вещества, М., 1897, стр. 81.
Вернадский В. И. (2), Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), **11**, 1897, № 4, 21—26.
Вернадский В. И., Лекции описательной минералогии, I, М., 1899, стр. 5—105; то же, изд. 3, I—II, М., 1910—1912.
[Вернадский В. И.] Vernadsky W., Zschr. Kryst., **34**, 1901, S. 37.
Вернадский В. И., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), **16**, 1902, № 4, стр. 480—495.
Вернадский В. И. (1), Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), **18**, 1904, № 2—3, прот., стр. 9—10.
Вернадский В. И. (2), Страница из истории почвоведения, «Научное слово», 1904, № 6, стр. 8.
Вернадский В. И., Изв. Акад. Наук, (6), **1**, 1907, стр. 27—28; **3**, 1909, стр. 828—830; **4**, 1910, стр. 1139.
Вернадский В. И., О необходимости исследования радиоактивных минералов Российской империи, изд. 2, СПб., 1911, стр. 16—44.
Вернадский В. И. (1), Изв. Акад. Наук, (6), **6**, 1912, стр. 141—161.
[Вернадский В.] (2). Vernadsky W., Cbl. Min., 1912, стр. 758.
Вернадский В. И., Отчеты КЕПС (Ком. по изуч. ест.-произв. сил), Пг., 1916, № 5, стр. 88.
Вернадский В. и Шкляревский А., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), **14**, 1900, № 3, стр. 367.
Версилов Н. (1), Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1857, **2**, стр. 524.
Версилов Н. (2), Зап. Зап.-Сибирск. отд. Геогр. общ., **19**, 1857, стр. 29.
Версилов Н. (3), Verhandl. Miner. Ges. (Тр. Минер. общ.), 1857—1858, стр. 161.
Версилов Н., Горн. журн., 1858, I, стр. 199.
(Веселовский Н.), Посольство к зюнгарскому хун-тайчжи Цэван Рабтану капитана от артиллерии И. Унковского, СПб., 1887, стр. 234.
Вилениус, Протоколы Казанского общ. естествоиспыт., 1885, приложение № 71.
[Вильм Ф.] Wilm F., Zur Chemie d. Platinmetalle, SPb., 1882, S. 10.
Вильм Ф., Журн. Русск. физ.-хим. общ., **25**, 1893, стр 506.
Винер Б., О месторождениях серы в России, СПб., 1870, стр. 8—72.
Винер Н., Горн. журн., 1880, IV, стр. 283—298.
Виноградский А., Казанский вестн., **1**, 1821, стр. 191—197.
[Виноградский С.] Winogradsky S., Botan. Ztg., **46**, 1888.
[Виноградский С.] Winogradsky S., C. R. Acad. Sci. Paris, **116**, 1893, p. 1385.
Виноградский С., Архив биол. наук, III, 1895, стр. 298.
Вислоух С. М., Русский врач, 1911, № 51.
Виттенбург П., Изв. Акад. Наук, 1918, стр. 1239—1241.
[Вишняков Н.] Vischniakoff N., Allgemeine Beschreibung der Sammlung R. Hermann, M., 1900, II, S. 6.

Влангали А., Горн. журн., 1853, II, стр. 355; 1856, III, стр. 153.
Внуковский В., Отчет по статистико-экономическому исследованию северной части Енисейского окр., СПб., 1905, стр. 344—429.
Вознесенский В., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, XIV, СПб., 1912, стр. 144.
Войнич-Сяноженцкий, Изв. Киевского Политехн. инст., 1910.
Воробьев А., Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 35, 1915, стр. 3—4.
Воронков Н. (1), Планктон пресных вод, М., 1913, стр. 235.
Воронков Н. (2), Тр. гидробиол. станции на оз. Глубоком, 5, 1913 (в Тр. отд. ихтиол. Общ. любит. естествозн., 9).
Воскобойников Г., Горн. журн., 1826, № 11, стр. 56—57; 1827, № 9, стр. 20; 1830, I, стр. 325—334.
Воскобойников и Гурьев, Горн. журн., 1832, I, стр. 24.
Воскресенский А., Журн. Мин. нар. просв., 26, 1840, отд. II, стр. 155.
Врангель Ф., Путешествие к северным берегам Сибири, I, СПб., 1841, стр. 216.
Высоцкий Н. К., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., I, СПб., 1896, стр. 10—11.
Высоцкий Н. К., Месторождения золота Качкарской системы, Тр. Геол. ком., 13, 1900, № 3, стр. 4—78.
Высоцкий Н. К., Изв. Геол. ком., 22, 1903, стр. 541—554.
Высоцкий Н. К., Тр. Геол. ком., 62, 1913, стр. 26—296.
Высоцкий Н. К., Отчет Геол. ком. за 1914 г., 1915, стр. 43.
Высоцкий Н. К., Платина и районы ее добычи, сб. КЕПС, 4, 1923.

Габриэль, Горн. журн., 1868, I, стр. 457.
Гагемейстер, Журн. Мин., внутр. дел, 42, 1853, стр. 231—232.
[Гадолин А.] Gadolin A., Verhandl. Min. Ges. SPb. (Тр. Минер. общ.), 1858, стр. 75.
Гальцов П., Дневник Зоол. отд. Московского общ. любит. ест., 3, М., 1913, № 11.
Гассгаген Х., Результаты хим. исслед. вод и грязей Новороссийского края, Одесса, 1852, стр. 10.
[Гёбель Ф.] Goebel F., Reise in die Steppen des südlichen Russlands, II, 1838, стр. 2—10.
Гедройц А., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., СПб., 6, 1897, стр. 101—133; 10, 1898, стр. 164; 18, 1899, стр. 142—143; 27, 1909, стр. 38.
Гелер А., Записки по вопросу о способе и времени происхождения месторождений золота, Чита, 1900, стр. 43—47.
[Гельм Ф.] Helm F., Allgem. Nordisch. Annal. Chem., 5, SPb., 1820, стр. 4.
Гельм Ф., Тр. Минер. общ., 2, 1842, стр. 77.
[Гельмерсен Г.] Helmersen G., Bull. Scient. Acad. Sci. SPb. (Изв. СПб. Акад. Наук), VI, 1839, p. 218.
[Гельмерсен Г.] Helmersen G. (1), Beiträge z. wiss. Kenntnis Russ. Reiches, 6, SPb., 1843, S. 207—212.
[Гельмерсен Г.] Helmersen G. (2), Reise nach Ural, II, SPb., 1843, S. 156—215.
[Гельмерсен Г.] Helmersen G. (1), Beiträge z. wiss. Kenntnis Russ. Reiches, 14, SPb., 1848, S. 24.
[Гельмерсен Г.] Helmersen G. (2), Reise nach Altai, SPb., 1848, S. 23.
Гельмерсен Г. (1), Bull. Acad. Sci. SPb. (Изв. СПб. Акад. Наук), 1, 1860, стр. 322.
Гельмерсен Г. (2), Горн. журн., 1860, IV, стр. 577.
Гельмерсен Г., Mém. Acad. Sci. SPb. (Зап. СПб. Акад. Наук), (7), 3, 1861, № 6, стр. 26.
Гембицкий С., Южный инженер, 1916, май — июнь, стр. 31.
Гемилиан В., О составе и свойствах целебных средств Крымских лиманов, Евпатория, 1911, стр. 4.
Гемилиан В., Врачебная газета, 1912, № 25.
Гендриков И. (1), Историко-статистический очерк Уральской платиновой промышленности, Томск, 1900.
Гендриков И. (2), Вестн. золотопром., Томск, 1900, стр. 6—75.
Геннин Де, Горн. журн., 1828, № 10, стр. 98.
[Георги И.] Georgi J., Bemerkungen einer Reise im Russischen Reich im Jahre 1773—1774, I—II, SPb., 1775, S. 118—397.
[Георги И.] Georgi J. (1), Geograph.-physikalische und naturhistorische Beschreibung Russischen Reichs, III, 1—3, Kn., 1798; III, 1, S. 64, 65—136.
Георги И. (2), То же, III, 2, 1798, стр. 338—344.
Георги И. (3), То же, III, 3, 1798, стр. 359—573.
Георгиевский, Журн. Русск. физ.-хим. общ., 1904, (2), стр. 4.
Герасимов А., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., 6, СПб., 1897, стр. 65; 7, 1898, стр. 65—74; 18, 1899, стр. 83—89.

Герасимов А., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, Описание листа II-6, СПб., 1904, стр. 77—184.
Герасимов А. (1), Сборник в память И. В. Мушкетова, СПб., 1905, стр. 161.
Герасимов А. (2), Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, III, СПб., 1905, стр. 38.
Герасимов А. (1), То же, IV, 1907, стр. 32.
Герасимов А. (2), Геол. карта Ленского золотоносн. района. Описание листа III-6, СПб., 1907, стр. 106—171.
Герасимов А., Материалы геол. России, III, 1911, стр. 86.
Герасимов А., Отчет Геол. ком. за 1914 г., 1915, стр. 92.
Герасимов А., Ест.-произв. силы России, IV, вып. 7, 1917, стр. 61.
Герасимов М., Горн. журн., 1865, III, стр. 115.
Герасимов М., Очерк Нерчинского горного округа, СПб., 1896, стр. 50—93.
[Герман И. Ф.] (1), Hermann J., Versuch einer mineralogischen Beschreibung Uralischen Erzgebirges, I, B., 1789, S. 24—215.
[Герман И. Ф.] (2), Hermann J., Versuch einer mineralogischen Beschreibung Uralischen Erzgebirges, II, B., 1789, S. 71—430.
[Герман И. Ф.] (1), Hermann J., Naturgeschichte des Kupfers, I, SPb., 1790, S. 38.
[Герман И. Ф.] (2), Hermann J., Statist. Schilderung Russlands, SPb., 1790, S. 211—214.
[Герман И. Ф.] Hermann J., Chem. Ann., 1793, S. 350.
[Герман И. Ф.] Hermann J., Miner. Reisen in Sibirien, I, SPb., 1797, S. 143—144.
[Герман И. Ф.] Hermann J., Miner. Reisen in Sibirien, III, SPb., 1801, S. 129—276.
[Герман И. Ф.] Hermann J., Nova Acta Acad. Petrop., 13, SPb., 1802, S. 223—288.
[Герман И. Ф.] (1), Hermann J., Über die Eigenschaften des Kupfers, Lpz., 1807, S. 48.
[Герман И. Ф.] (2), Hermann J., Magazine für neueste Erfindungen, I, B., 1807, S. 32.
Герман Р., Горн. журн., 1829, III, стр. 335, 339.
[Герман Р.] Hermann R., Ann. Phys., 22, 1831, S. 363—387.
Герман Р., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1836, стр. 227—233.
[Герман Р.] Hermann R., Journ. prakt. Chem., 23, 1841, S. 276.
Герман Р., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1842, стр. 183; 1844, стр. 876; 1858, II, стр. 530.
Гернгросс, Горн. журн., 1837, IV, стр. 422.
Гернет, Золото и платина, 1911, № 4, стр. 92.
Геродот, История, кн. VI, 47, перевод Ф. Мищенко, II, М., 1888, стр. 84.
Герр В., Тр. Бакинского отд. Технич. общ., 1904, № 4.
Герр В. (1), Тр. Бакинского отд. Технич. общ., 1908, № 4, стр. 72.
Герр В. (2), Там же, № 5, стр. 29.
[Гесс Г.] Hess H., Nonulla de fontibus medicatis, D., 1825, p. 34.
[Гессельман], Лесной журн., 1915, стр. 707. (Сообщ. шведск. инст. опытного изучения леса).
Гёфер Г., Нефть (перевод с немецкого), СПб., 1908, стр. 113.
Гилев, Горн. журн., 1860, I, стр. 429; 1863, II, стр. 69—73.
Гильденштедт А., Акад. изв., V, 1780, стр. 393.
Гинзбург И., Изв. Политехн. инст., 1912, стр. 285.
Гинзбург И., Полезные ископаемые побережья Кандалакшского залива, Пг., 1921 (Тр. Сев. научно-пром. эксп., 13), стр. 13—39.
Гладкий П., Горн. журн., 1888, I, стр. 99.
Гладкий П. (1), Вестн. золотопром., 2, Томск, 1892, стр. 116.
Гладкий П. (2), Горн. журн., 1892, I, стр. 130.
Глинка С., Зап. Минер. общ., 35, 1898, прот., стр. 75.
Глушков, Горн. журн., 1884, III, стр. 175.
[Гмелин И.] Gmelin J. G., Reise durch Sibirien, IV, Gött., 1752, S. 423.
Голляховский Г., Горн. журн., 1826, № 8, стр. 103.
Голляховский Г. (1), Горн. журн., 1827, № 10, стр. 35.
Голляховский Г. (2), Горн. журн., 1827, № 11, стр. 22.
Головкинский Н., Материалы геол. России, 1, 1869, стр. 252—253.
Голубятников Д., Изв. Геол. ком., 25, 1906, стр. 376.
Голубятников Д., Тр. Геол. ком., новая серия, 28, 1908.

Горбов А., Энциклопедический словарь изд. Брокгауза, «Сталь», Дополн. II, 1907, стр. 687—692.
Горянинов П., Руководство к преподаванию минералогии, СПб., 1835, стр. 9.
Гофман Э. (1), Горн. журн., 1844, I, стр. 139.
Гофман Э. (2), Горн. журн., 1844, IV, стр. 231—401.
[Гофман Э.] Hofmann E., Reise nach d. Goldwäschen Ostsibiriens, SPb., 1847, S. 193.
Граматчиков, Горн., журн., 1828, № 1, стр. 25.
[Гревингк К.] Grewingk K., Arch. Naturk. Liv.-Est. u. Kurlandes, IX, D., 1882, S. 150.
[Гревингк К. и Шмидт К.]. Grewingk C. u. Schmidt C., N. Jb. Min., 1884, I, S. 29.
Гривнак К., Горн. журн., 1873, II, стр. 195—253; 1874, I, стр. 276—278.
Гриндлер Б., Изв. Общ. штейгеров, 1915, № 1.
Гроддек, А., Руководство к изучению рудных месторождений (перевод Ю. Эйхвальда), СПб., 1889, стр. 119.
Грум К., Полное описание минеральных вод Российской империи, I, СПб., 1855, стр. 187—311.
Грум-Гржимайло Г., Западная Монголия и Урянхайский край, I, СПб., 1914, стр. 532.
Губкин И., Тр. Геол. ком., **115**, 1915, стр. 66.
Гудков П., Изв. Томск. Технол. инст., **20**, 1910, № 4.
Гудовщиков М., Вестн. золотопром., Томск, 1895, стр. 197.
Гулишамбаров С., Платина в мировой промышленности, СПб., 1905, стр. 5—74.
Гуров А., Тр. Общ. испыт. при Харьковском унив., **14**, 1881, стр. 63—64.
Гурьев, Горн. журн., 1830, IV, стр. 163—168; 1832, IV, стр. 375; 1834, IV, стр. 13; 1853, II, стр. 120.
Гурьев, Акты Кавказской археографической комиссии, VII, Тифлис, 1878, стр. 116.

Давыдов П., Очерки Крыма, Херсон, 1881.
Двойченко П., Минералы Крыма, СПб., 1914, стр. 45—48.
Дейхман, Горн. журн., 1871, I, стр. 559.
Денисов-Уральский А., Урал и его богатства, СПб., 1902, стр. 107—149.
Дергачев Н., Русская Лапландия, А., 1877, II, стр. 14.
Державин А., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., I, СПб., 1896, стр. 83.
Дерюгин К., Фауна Кольского залива, СПб., 1915, стр. 83—690.
Живилегов А., Торговля на Западе в средние века, СПб., 1904, стр. 61.
Динник Н., Изв. Кавк. отд. Геогр. общ., **6**, 1880, стр. 269.
[Диодор]. Diodorus, Bibliothèque historique, III, 6 (Trad. F. Hoefer), I, P., 1846.
Диттмар К., Поездка и пребывание на Камчатке (перевод с немецкого), I, СПб., 1901, стр. 385—644.
Дмитриев (1), Горн. журн., 1831, I, стр. 30—31.
Дмитриев (2), Горн. журн., 1831, II, стр. 131.
Дмитриев, Пермская старина, I, Пермь, 1889.
Добровольский К., Русский врач, 1906, № 28.
Доброславин, Здоровье, 1875,
Домбровский Б., Рудный вестн., **1**, 1916, стр. 181—182.
Досс Б. (1), Ежегодн. минер. и геол. России, **10**, 1908, стр. 214.
[Досс Б.]. (2), Doss B. Korrespondenzblatt d. Naturf. Ges., Riga, **51**, 1908, S. 51.
Досс Б., Ежегодн. минер. и геол. России, **13**, 1911, стр. 136.
[Досс Б.]. Doss B., N. Jb. Min., BB. **33**, 1912, S. 701—706.
[Досс. Б.]. Doss B., Cbl. Min., 1913, S. 991.
Драверт П. Л., Протоколы Казанского общ., естествоиспыт., **34**, прил. № 214, Казань, 1904, стр. 8.
Драверт П. Л. (1), Список минералов Якутской обл. Протоколы Казанского общ. естествоиспыт., Казань, 1910, стр. 5—6.
Драверт П. Л. (2), Экспедиция в Сунтарский соленосный район, Якутск, 1910, стр. 22—35.
Драверт П. Л. (1), Сибирская природа, Омск, 1922, № 3, стр. 12—15.
Драверт П. Л. (2), Тр. Зап.-Сиб. Геогр. общ., 1922, вып. 3, стр. 68.
Дрозжилов, Горн. журн., 1828, № 12, стр. 18.
Дубянский В., Изв. Варшавского Политехн. инст., 1910, № 6, стр. 7; 1913, **3**, стр. 6.
Дубянский В., К петрографии Эльбруса, Варшава, 1914, стр. 38—193.

Дюпарк Л. и Сигг Г., Медные месторождения Сысертского округа на Урале, СПб., 1914, стр. 6—32.
[Дюпарк Л. и Тихонович Н.]. Duparc L. et Tikhonovitch N., Le platine et les gîtes platinifères de l'Oural et du monde, Gen., 1920, p. 38—254.

Евреинов, Горн. журн., 1847, I, стр. 364.
Егоров К., Изв. Вост.-Сиб. отд. Геогр. общ., **45**, 1916, стр. 20.
Егоров Н., Атмосферные линии солнечного спектра, Варшава, 1882, стр. 34.
Егунов М., Ежегодн. минер. и геол. России, **4**, вып. 3, 1900, стр. 61.
Езерский, Наиболее употребительные способы оценки загрязнения вод, СПб., 1876.
Еремеев П., Горн. журн., 1859, II, стр. 599.
Еремеев П. (1), Горн. журн., 1867, I, стр. 340—491.
Еремеев П. (2), Сборник Минер. общ., 1867, стр. 460.
Еремеев П., Горн. журн., 1868, I, стр. 245—249.
Еремеев П. (1), Горн. журн., 1871, IV, стр. 449.
Еремеев П. (2), Зап. Минер. общ., **7**, 1871, стр. 381.
Еремеев П., Зап. Минер. общ., **9**, 1874, стр. 360; **12**, 1877; **14**, 1879, стр. 155; **20**, 1886, стр. 366.
Еремеев П. (1), Горн. журн., 1887, III, стр. 263—272.
Еремеев П. (2), Зап. Минер. общ., **23**, 1887, стр. 283—315.
Еремеев П., Зап. Минер. общ., **26**, 1890, стр. 447—449; 1891, стр. 399; **30**, 1893, стр. 445—472; **31**, 1894, стр. 363; **33**, 1895, прот., стр. 32—62; **34**, 1896, прот., стр. 59.
Еремеев П., Изв. Акад. Наук, **9**, 1898, стр. XIII—XVIII.
Еремеев П., Зап. Минер. общ., **36**, 1899, прот., стр. 34.
Еремин С., Вестн. золотопром., Томск, 1895, стр. 66.
Ерин Ч., Вестн. золотопром., Томск, 1893, стр. 150.
Ерофеев, Горн. журн., 1878, II.
Ефимов Н., Памятная книжка Келецкой губ., 1901.

Жемчужный С., Изв. Инст. физ.-хим. анал., **1**, 2, 1921, стр. 417.
Жерве Ф., Горн. журн., 1902, III, стр. 225.
Жилинский А., Крайний Север Европейской России, Пг., 1919, стр. 202.
Журавко-Покорский, Горнозав. листок, X, 1895.

Заварицкий А. Н. Зап. Горн. инст., **1**, 1908, стр. 295, 300; **2**, 1909, стр. 189; **3**, 1911, стр. 125.
Заварицкий А. Н., Отчет Геол. ком. за 1915 г., 1916, стр. 41—45.
Заварицкий А. Н. (1), Изв. Геол. ком., **36**, 1917, стр. 142.
Заварицкий А. Н. (2), Отчет Геол. ком. за 1916 г., 1917.
Зайцев А., Тр. Казанского общ. естествоиспыт., **13**, 1884, стр. 10—32.
Зайцев А., Изв. Геол. ком., **5**, 1886, стр. 68—81.
Зайцев А., Тр. Геол. ком., **4**, 1887, № 1, стр. 21—138.
Зайцев А. (1), Вестн. золотопром., Томск, 1892.
Зайцев А. (2), Геол. исслед. в Николае-Павдинском округе, СПб., 1892, стр. 31—77.
Зайцев А. (3), Вестн. золотопром., Томск, 1892, стр. 14.
Зайцев А. (4), К геологии горной золотоносной системы Северо-Енисейского округа, Томск, 1892, стр. 9.
Зайцев А. (5), К геологии южной золотон. части Енисейского округа, Томск, 1892, стр. 9.
Зайцев А. (1), Вестн. золотопром., Томск, 1893, стр. 148—227.
Зайцев А. (2), Горн. журн., 1893, I, стр. 456—466.
Зайцев А., О золотоносных россыпях Мариинского округа Томской губ., Томск, 1894, стр. 7—20.
Зайцев А., Вестн. золотопром., Томск, 1895, стр. 139—395.
Зайцев А., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., V, СПб., 1896, стр. 103.
Зайцев А. (1), Платиновые месторождения Урала, Томск, 1898, стр. 15—51.
Зайцев А. (2), Вестн. золотопром., Томск, 1898, № 4, стр. 91.
Зайцев А. (3), Уральск. горн. обозр., Екатеринбург, 1898, № 20—22.
Зайцев А. (4), К вопросу о коренных россыпях Гороблагодатского округа, Екатеринбург, 1898, стр. 13. Оттиск из «Урала».
Зайцев А., Вестн. золотопром., Томск, 1901.
Зайцев А., Сборник в память Салищева, Томск, 1903, стр. 75.
Зайцев А. (1), Вестн. золотопром., Томск, 1904, стр. 4.
Зайцев А. (2), Вестн. золотопром., Томск, 1904, стр. 53—77.
Зайцев А., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., **30**, СПб., 1910, стр. 46—122.

Залесский М., Тр. Геол., ком., **86**, 1912, стр. 19.
Залесский С., Врач, **19**, 1848, стр. 1466.
Залесский С., Дневник XII Съезда русск. естествоиспыт., М., 1910, стр. 258.
Замысловский Е., Герберштейн и его историко-географические сведения о России, СПб., 1884, стр. 315.
Замятин А., Тр. Геол. ком., **84**, 1913, стр. 157.
Зарудный Н., Изв. Геогр. общ., **49**, (1913), 1915, стр. 364—377.
Захаров В., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, IX, СПб., 1913, стр. 71—73.
Зверев В., Изв. Геол. ком., **32**, 1914, стр. 401.
Зверев В., Изв. Геол. ком., **34**, 1915, стр. 553.
Земба И., Всемирн. технич. обозр., СПб., 1901, стр. 171—172.
Зембницкий А., О месторождениях алмаза в России, СПб., 1831, стр. 4.
Златарски, Рудите в България, С., 1882, стр. 12 (из «Период. Списание»).
Злобин А. (1), Сибирский вестн., 1823, № 6, стр. 62.
Злобин А. (2), Сибирский вестн., 1823, № 7, стр. 81—87.

Иваницкий, Горн. журн., 1833, IV, стр. 59—63; 1853, II, стр. 119—120.
Иванов А., Материалы для минералогических и геологических экскурсий под Москвой, М., 1907, стр. 7—9.
Иванов А., Изв. Акад. Наук, 1909, стр. 182.
Иванов А., Приамурье, М., 1909 (изд. Общеземск. орг.), стр. 570.
Иванов Г., Горн. журн., 1841, IV, стр. 143; 1858, III, стр. 554—555; 1859, IV, стр. 115.
Иванов Д., Зап. Минер. общ., 22, 1886, стр. 269.
Иванов Д., Горн. журн., 1905, IV, стр. 114.
Иванов Д., Геол. вестн., **1**, 1915, стр. 372.
Иванов Л., Тр. Общ. исслед. Волыни, **6**, Житомир, 1912, стр. 232.
Иванов Л. (1), Сборник в честь 25-летия научной деятельности В. И. Вернадского, М., 1914, стр. 74.
Иванов Л. (2), Тр. Общ. исслед. Волыни, **11**, Житомир, 1914, стр. 133.
Иванов М., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., IV, СПб., 1897, стр. 31—42; VIII, 1898, стр. 66.
Иванов М., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, II, СПб., 1901, стр. 34—39; III, 1902, стр. 159.
Иванов М. (1), То же, IV, 1904, стр. 111.
Иванов М. (2), То же, V, 1904, стр. 137.
Иванов М., То же, VI, 1906, стр. 99.
Игнатьевский, Горн. журн., 1832, I, стр. 181—184.
Ижицкий Н., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., III, СПб., 1896, стр. 92; VII, 1898, стр. 126—150; XII, 1899, стр. 20—22.
Ижицкий Н., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Енисейский район, II, СПб., 1901, стр. 44—49; V, 1904, стр. 24.
Иностранцев А., Геологический очерк Повенецкого у., 1877, стр. 678—682.
Иностранцев А., Горн. журн., 1879, II, стр. 315—317.
[Иностранцев А.]. Inostranzeff A., N. Jb. Min., 1880, I, S. 97.
Иностранцев А., Изучение Друскеникских минеральных источников, СПб., 1882, стр. 50.
Иностранцев А., Геология, I, СПб., 1885, стр. 309.
Иностранцев А., Тр. СПб. общ. естествоиспыт., Отд. геол. и минер., **22**, 1893, стр. 20—23.
Иностранцев А. (1), Там же, **23**, 1895, стр. 1.
Иностранцев А. (2), Тр. Геол. части Кабинета, I, СПб., 1895, стр. 4; II, 3, 1898, стр. 95.
Иностранцев А., Протоколы СПб. общ. естествоиспыт., **37**, 1906, стр. 291.
Иностранцев А. Тр. СПб. общ. естествоиспыт., Отд. геол. и минер., **35**, 1907, стр. 21—46.
Иностранцев А., Геол. вестн., **2**, 1916, стр. 74.
Иностранцев А., Изв. Акад. Наук, 1917, стр. 893.
Исаченко Б., Изв. СПб. ботан. сада, 1909, стр. 161.
Исаченко Б., Тр. Мурманской научно-пром. эксп., 1906 г., Пг., 1914, стр. 71—141.
Исаченко Б. и Ростовцев С., Изв. СПб. ботан. сада, 1911.

Калистов Н., Изв. Общ. горн. инж., 1903, № 7.
Калицкий К., Изв. Геол. ком., **33**, 1914, стр. 216—786.
Калицкий К., Тр. Геол. ком., **133** 1915, стр. 29.
Кандаки В., Горн. журн., 1896, IV, стр. 323—324.

Кандыкин Ф., Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 26, 1907, стр. 73.
[Канкрин Е.] Cancrin de E., Bull. Soc. Géol. Paris, 4, 1833, стр. 109.
Карножицкий А., Зап. Минер. общ., 34, 1896, стр. 121—122.
Карпинский А., Сборник в память столетия горн. инст., СПб., 1873, стр. 22.
Карпинский А., Горн. журн., 1876, I, стр. 181.
(Карпинский А.), В кн. «Очерк месторождений полезных ископаемых в Европейской России и на Урале», СПб., 1881, стр. 1—14.
Карпинский А., Изв. Геол. ком., 2, 1883, стр. 204; 4, 1885, стр. 331.
[Карпинский А.] Karpinsky A., Mélanges phys. chim. Acad. SPb., 12, 1887, p. 631—632.
[Карпинский А.] Karpinsky A., N. Jb. Min., 1888, II, S. 76.
Карпинский А. Guide du VII Congrès Géol. SPb. (Путеводитель VII сессии Геол. конгресса в СПб.), 1897, № V, p. 30.
Карпинский А., Зап. Минер. общ., 40, 1902, прот., стр. 20.
Карпинский А., Сб. «Очерк месторождений ископаемых углей России», Изд. Геол. ком., 1913, стр. 304.
Карпинский М., Горн. журн., 1833, I, стр. 183—188.
Карпинский М. (1), О золотоносных россыпях, СПб., 1840, стр. 63—68.
Карпинский М. (2), Горн. журн., 1840, I, стр. 200—232.
Карпинский М. (3), Горн. журн., 1840, IV, стр. 217—219.
Карпов Б., Отчет Геол. ком. за 1915 г., Пг., 1916, стр. 267.
Карпов Г., Горн. журн., 1831, II, стр. 44.
Карстенс Э., Химический состав кавказских минеральных вод, Пятигорск, 1910, стр. 16—88.
Карстенс Э. Зап. Русск. Бальнеол. общ., 14, 1912—1913.
Касторский Н., Протоколы Томского общ. естествоиспыт., 1901—1903, 1904, стр. 51.
Каттерфельд Г., Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 25, 1905, стр. 6.
Кеммерер А., Горн. журн., 1826, № 1, стр. 150.
[Кёппен А.] Koerpen A., Ann. Min., 5, 1894, p. 201—203.
Киркор Ф., Материалы по вопросу о колебаниях состава речной воды., К., 1907, стр. 79—215.
Киркор Ф. Тр. X Русск. водопр. съезда, 1, М., 1911, стр. 151.
Кишенский С., Изв. Общ. горн. инж., 1898, № 5.
Клаус К. (1), Ученые записки Казанского унив., 1839, № 4, стр. 99.
Клаус К. (2), Химическое разложение Сергиевских минеральных вод, Казань, 1839.
Клаус К. Ученые записки Казанского унив., 1844, стр. 129—141.
Клаус К., Горн. журн., 1845, III, стр. 163.
[Клаус К.] Claus C., Bull. phys. chim. Acad. Sci. SPb., 5, 1847, S. 262.
[Клаус К.] Claus C., Beiträge z. Kenntnis d. Platinmetalle, Dorp., 1854, S. 60.
[Клаус К.] Claus C., Bull. Acad. Sci. SPb., 2, 1860, p. 165.
Клейменов, Горн. журн., 1832, I, стр. 188.
Клер М., Изв. Уральского общ. любителей естествознания, 36, 1—4, 1916, стр. 8—20
Клоссовский А., Метеорология, I, Одесса, 1908, стр. 114—115.
Ключанский Г., Рудный вестн., 1, 1916, № 3, стр. 117—118.
Книпович Н., Petermann's Geogr. Mitt., Gotha, 1904, p. 126.
Книпович Н., Изв. Геогр. общ., 1905, стр. 447.
Книпович Н., Основы гидрологии Европ. Ледовитого океана (Зап. Геогр. общ.), СПб, 1906, стр. 1202.
Ковалевский Е., Горн. журн., 1835, III, стр. 375; 1836, II, стр. 196—205.
Коварский, Зап. Минер. общ., 30, 1893, стр. 488.
Ковригин, Горн. журн., 1839, III, стр. 414; 1860, I, стр. 91.
[Козицкий М.] Kositzky M., Verhandl. Miner. Ges. (Тр. Минер. общ.), 1844, S. 167—177.
Кокшаров Н., Горн. журн., 1849, II, стр. 337—344; 1850, I, стр. 262.
Кокшаров Н., Сборник Минер. общ., СПб., 1867, стр. 199.
Кокшаров Н., Материалы для минералогии России, IV, СПб., 1862, стр. 499.
Кокшаров Н. (1), То же, V, 1870, стр. 361.
Кокшаров Н. (2), То же, VI, 1870, стр. 218—372.
Кокшаров Н., Зап. Минер. общ., 7, 1872, стр. 275.
Кокшаров Н., Сборник в память столетия Горного института, СПб., 1873, стр. 366.
Коленко Б., Материалы геол. России, 12, 1885, стр. 46—75.
Колобов, Горн. журн., 1836, I, стр. 219.
Колтовской, Горн. журн., 1838, I, стр. 421—431; 1846, III, стр. 156—302.

Кольчевский, Горн. журн., 1861, IV, стр. 14; 1865, III, стр. 326.
Кондаков, Журн. СПб. физ.-хим. общ., 15, 1883, стр. 89.
Кондратьев, Горн. журн., 1892, III, стр. 283.
Кондыкин Ф., Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 26, 1907, стр. 73.
Кондыкин Ф., Тр. I Съезда деят. практ. геологии, СПб., 1908, стр. 93—94.
Кондыкин Ф., Горн. журн., 1911, III, стр. 328.
Конлис С., Горные промыслы Киевской губ., Киев, 1905, стр. 15.
Конради С., В кн.: Богданович. Рудные месторождения, II, СПб., 1913, стр. 163—165.
Конради С., Изв. Геол. ком., 33, 1914, стр. 13.
Конради С., Геол. вестн., 1, 1915, стр. 297.
Константов С. (1), Горн. журн., 1915, I, оттиск, стр. 15.
Константов С. (2), Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, XIX, Пг., 1915, стр. 44—110.
Конткевич, Горн. журн., 1878, III, стр. 64—72.
Конткевич, Зап. Минер. общ., 14, 1879, стр. 193—203.
Конткевич, Горн. журн., 1881, I, стр. 294—382.
Конткевич, Зап. Минер. общ., 23, 1887, стр. 202—203.
Коншин А., Изв. Геогр. общ., 19, 1883, стр. 325.
Коншин А., Зап. Минер. общ., 24, 1888, стр. 26—31.
Коншин А., Горн. журн., 1889, III, стр. 289.
Коншин А., Материалы геол. Кавказа (2), 4, СПб., 1890, стр. 150—151; (3), 2, Тифлис, 1899, стр. 138—141.
Корженевский Н., Туркест. ведом., 1904, № 159.
[Корзухин И.] Korsuchin J., Zschr. prakt. Geol., 1906, стр. 380.
Корзухин И., Золото и платина, 1907, № 4, стр. 67.
Коровин, Журн. Общ. сибирск. инж., Томск, 1915.
Костычев С., Физиологические исследования над дыханием растений, Юрьев, 1910, стр. 138.
Котульский В., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, IX, СПб., 1913, стр. 25—34; XI, 1915, стр. 41.
Котульский В., Геол. вестн., 4, 1921.
Кох М., Рудные месторождения Баталпашинского отд. Кубанской обл., СПб., 1911, стр. 28—38.
Коцин М., Сборник работ гигиенической лаборатории Моск. унив., II, 1888, стр. 185.
Коцин М., Опыт систематических наблюдений над колебанием состава воды Москвы, М., 1889, стр. 138—156.
Коцовский И., Вестн. золотопром., Томск, 1894, стр. 7.
Кошкуль, Горн. журн., 1879, III, стр. 182.
Краевский Д., Горн. журн., 1868, II, стр. 309.
Краинский А., Обогащение почв азотом, К., 1911, стр. 39—149.
Крамаренко А., Изв. Южнорусск. общ. техн., 13, Харьков, 1909, стр. 4.
Краснов А., Материалы для знакомства с грязевыми вулканами восточного Закавказья, 10, 1904, стр. 12—42.
Краснопольский А., Тр. Геол. ком., 11, 1889, № 1, стр. 58—59.
Краснопольский А., Изв. Геол. ком., 9, 1890, стр. 187.
Краснопольский А., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., XIV, СПб., 1898, стр. 87; XXI, 1900, стр. 284.
Краснопольский А., Геологическое описание Невьянского горного округа, СПб., 1906, стр. 83—98.
Краснопольский А., Восточная часть Нижне-Тагильского горного округа, СПб., 1908, стр. 82.
Красовский, Область сибирских киргизов, 1, СПб., 1868.
Крат В., Зап. Минер. общ., 29, 1892, стр. 173.
Крашенинников С., Описание земли Камчатки, СПб., 1755, стр. 189.
Кронштедт, Опыт рудословия (перевод М. Курдымана), М., 1777, изд. 2, СПб., 1789.
Кропоткин П., Отчет об Олекмо-Витимской эксп., СПб., 1873, стр. 293.
Кротов, Б., Протоколы Казанского общ. естествоиспыт., 1911, прилож. № 261, стр. 6—8.
Кротов П., Геологические исследования на западном склоне Соликамского и Чердынского Урала, СПб., 1888, стр. 278—522.
Крыжановский В., Тр. Геол. музея Акад. Наук, 1, 1907, стр. 69.
Крым В., О химическом составе антрацитов Донецкого бассейна, К., 1915.
Кузнецов С., Изв. Геол. ком., 25, 1906, стр. 205—241.

Кузнецов С., Изв. Акад. Наук, 1910, стр. 715.
(Кузнецов С.), Нерчинский округ, Кабинета, Хабаровск, 1913, стр. 72—83.
Кулибин А., Указатель открытий, IV, СПб., 1827, стр. 363—495.
Кулибин А., Горн. журн., 1830, I, стр. 6; 1833, IV, стр. 350.
Кулибин В., Горн. журн., 1890, I, стр. 552—559.
Кулибин К., Горн. журн., 1865, IV, стр. 35.
Кулибин К., Горн. журн., 1887, IV, стр. 196—201.
Кулибин К., Вестн. золотопром., 12, Томск, 1903, стр. 17—33.
Кулибин Н., Зап. Минер. общ., 2, 1867, стр. 419.
Кулибин С., Горн. журн., 1883, стр. 402.
Кулибин С., Вестн. золотопром., Томск, 1900, стр. 3—5.
Кун, Горн. журн., 1829, II, стр. 224.
[Купфер А.] Kupffer A., Ann. chim. et phys., 41, 1829, p. 423.
Купфер А., Зап. Горн. инст., 1, 1908, стр. 318.
Купфер А., Минер. музей Горн. инст., 1911, стр. 149—526.
[Курбатов] Kurbatov, Revue de métallurgie, Mémoires, II, 1905, p. 184—185.
Курмаков Н., Изв. Мин. госуд. имущ., СПб., 1905, стр. 309—310.
Курнаков Н., Зап. Минер. общ., 30, 1893, стр. 442.
Курнаков Н., Горн. журн., 1903, II, стр. 95.
Курнаков Н. и Жемчужный С., Журн. Русск. физ.-хим. общ., химич. часть, 39, 1907, стр. 224.
[Курнаков Н. и Жемчужный С.] Kurnakov N. u. Žemczužny S., Zschr. anorg. Chem., 60, 1908, S. 16.
Курнаков Н., Жемчужный С. и Заседателев М., Изв. СПб. Политехн. инст., 22, 1914, стр. 486.
[Куторга] Kutorga, Verhandl. SPb. Miner. Ges. (Тр. Минер. общ.), 1857—1858, S. 158.
Кушелевский Ю., Северный полюс и земля Ялмал, СПб., 1868, стр. 38.

Лавров, Зап. Минер. общ., 3, 1868, стр. 111.
Лавров П., Морской сборник, 96, 1865, стр. 14—15.
Лаговский А., Горн. журн., 1889, I, стр. 424—431.
[Лагорио А.] Lagorio A., Min. petr. Mitt., 8, 1887, S. 485.
Лагофет Д., Бухарское ханство, I, СПб., 1911, стр. 264.
Ласкарев В., Изв. Геол. ком., 18, 1899, стр. 191; 23, 1904, стр. 102.
Ласкарев В., Тр. Геол. ком., 1914, № 77, стр. 292, Карта.
Латкин Н., Энциклопедический словарь Брокгауза, 22, стр. 649.
Латкин Н., Горн. журн., 1867, I, стр. 498—504.
Латкин Н., Очерк северн. и южн. сист. золот. пром. Енисейской губ., СПб., 1869, стр. 5—74.
Латкин Н., Енисейская губ., СПб., 1892, стр. 83—241.
Лебедев А. (1), Исследование хемосинтеза у *Bacillus hydrog.*, Одесса, 1910, стр. 5.
Лебедев А. (2), Дневник XII Съезда естествоиспыт., М., 1910, № 3, стр. 20.
Лебедев А., Зап. Новороссийского общ. естествоиспыт., 39, 1916.
Лебедев В., Изв. Геогр. общ., 47, 1911, стр. 53—71.
Лебедев В., Воды юго-восточной Камчатки, 1, М., 1915.
Лебедев Н., Материалы геол. Кавказа (3), 1, Тифлис, 1898, стр. 10—117.
Лебедев Н., Коллекции Кавказского музея, III, 1901, стр. 86—211.
Лебедев Н., Материалы геол. Кавказа (3), 3, Тифлис, 1902, стр. 163.
Лебединцев А., Зап. по гидрологии, 23, 1901, стр. 284.
Лебединцев А., Тр. Карабугазской эксп., II, СПб., 1902, стр. 105.
Лебединцев А., Из Никольск. рыбоводн. зав., СПб., 1904, № 9, стр. 118—129.
Лебединцев А. (1), Там же, 1905, № 10, стр. 36.
Лебединцев А. (2), Вестн. рыбопром., 1905, стр. 228.
Лебединцев А. (1), Из Никольск. рыбоводн. зав., СПб., 1908, № 11, стр. 100.
Лебединцев А. (2), Гидрологические и гидрохимические исследования в восточной части Балтийского моря, СПб., 1908, стр. 61—86.
Лебединцев А., Метеорологические и гидрологические исследования Псковского водоема, Псков, 1913 (Тр. Пром.-научн. эксп. псков. вод.), стр. 61, 62.
Левинсон-Лессинг Ф. Ю., Геологический очерк Южно-Заозерской дачи, Юрьев, 1900, стр. 69—70.
Левинсон-Лессинг Ф., Материалы геол. России, 21, 1901, стр. 65—74.
Левинсон-Лессинг Ф., Изв. СПб. Политехн. инст., 11, 1909, стр. 427.
Левинсон-Лессинг Ф., Платина, Пг., 1921, стр. 1—19.
Левинсон-Лессинг Ф., Успехи петрографии в России, Пг., 1922, стр. 126—127.

Левшин А., Описание Киргиз-Кайсацкой орды, I, СПб., 1832, стр. 174.
[Лемберг И.] Lemberg J., Zschr. Deutsch. geol. Ges., **40**, 1888, S. 630.
Ленже, Вестн. Геогр. общ., 1853, ч. 7.
Лепехин И., Дневные записки путешествия, СПб., 1771, стр. 202—209.
Лепехин И., Вторая часть дневных записок путешествия, СПб., 1772.
Лепехин И., Продолжение дневных записок, 2 тисн., СПб., 1802, стр. 96—222.
[Ле Шателье и Вологдин] Le Chatelier H. et Wologdine S., C. R. Acad. Sci. Paris, **146**, 1908, p. 58; **148**, 1909, p. 1715.
Либих Ю., Химия в приложении к земледелию, М., 1870, стр. 17—23.
Лидов А., Журн. физ.-хим. общ., **34**, 1902, стр. 445.
Лидов А., Анализ газов, Харьков, 1907, стр. 151—216.
Лидов А., Краткий курс газов. произв., **10**, 1911, стр. 20.
Лидов А., Изв. Харьковского технол. инст., 1916.
Линденер Б., Изв. Акад. Наук, 1910, стр. 1001.
Липский В., Г. С. Карелин, СПб., 1905, стр. 119.
Лисенко, Горн. журн., 1837, II, стр. 393—396.
Лисенко К. (1), Горн. журн., 1879, II, стр. 34.
Лисенко К. (2), Горн. журн., 1879, III, стр. 91—342.
Литке Ф., Путешествие вокруг света, III, сост. А. Постельс, СПб., 1836, стр. 25.
Лобанов Д., Урал, Екатеринбург, 1897, № 5.
Лодочников В., Ест.-произв. силы России, т. IV, вып. 17, Пг., 1923, стр. 8.
Ломоносов М. В., De tinctura metallorum, 1745.
Ломоносов М. В., Слово о рождении металлов трясением Земли, СПб., 1759, стр. 20.
Лопатин И., Горн. журн., 1863, III, стр. 173; 1864, II, стр. 158.
Лопатин И., Дневник Витимской экспедиции, обраб. Б. Поленовым, СПб., 1895, стр. 61—269.
Лопатин И., Зап. Геогр. общ. по общей географии, 28, 2, 1897, стр. 161.
Лопатинский Г., Горн. журн., 1826, № 2, стр. 76—83.
Лошкарев С., Вестн. Геогр. общ., **14**, 1855, стр. 51.
Лукашевич И., Неорганическая жизнь земли, II, СПб., 1909, стр. 146.
Лури Б., Изв. Общ. горн. инж., 1904.
Львов, Техн.-геол. описание линии Зап.-Амурской ж. д., СПб., 1913, стр. 149—206.
Львов Ф., Иркутские губернские ведомости, 1859, № 5, стр. 15—16.
Львов Ф., Зап. Сибирского отд. Геогр. общ., **7**, 1864, стр. 94.
Любавин Н., Техническая химия, I, М., 1897, стр. 167.
Любарский В., Сибирский Вестник, **13**, 1821, стр. 58.
Любарский В., Отеч. записки, 1823, **16**, стр. 20.
Любарский В., Указатель открытий по физике, СПб., 1824, № 6, стр. 855.
Любарский В., Указатель открытий, II, СПб., 1825, стр. 203.
Любарский В. (1), Горн. журн., 1828, № 4, стр. 129—130.
Любарский В. (2), Горн. журн., 1828, № 8, стр. 159.
Любарский В. (3), Горн. журн., 1828, № 11, стр. 127.
Лясковский Н., Московские ведомости, 1847, № 124, стр. 954.
Лясковский Н., De cholerae epidem. nonnulis causis atmosph., М., 1849, стр. 145. (Перепечатана в «Bull. Soc. Nat. Moscou», 1850).

Маевский Ф., Полезные ископаемые Закаспийской обл., СПб., 1897, стр. 75—82.
Майер Г., Горн. журн., 1876, III; 1896, III, стр. 6.
[Майер Г.], Maier, Zschr. prakt. Geol., 1906, S. 103.
Майер Г., Горн. журн., 1907, I, стр. 277.
Макеров Я., Геол. очерк золотоносн. местн. Амурского бассейна (Изв. Вост.-Сиб. Отд. Геогр. общ.), 1889, стр. 6—26.
Макеров Я., Тр. СПб. общ. естествоиспыт., **32**, 1, 1906, стр. 140.
[Макеров] Изв. Геол. ком., **33**, 1914, стр. 145.
Макеров Я., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, **18**, 1913, стр. 441.
Макеров Я. (1), Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, **20**, 1915, стр. 53, 55.
Макеров Я. (2), Изв. Геол. ком., **34**, 1915, стр. 751.
Макеровский, Горн. журн., 1844, II, стр. 5—25; 1851, 1, стр. 10.
Макринов И., Бактер. землеудоб. препараты, Пг., 1915.
Малявкин С., Изв., Геол. ком., **29**, 1910, стр. 436—437.
Мамонтов В., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1902, № 3, стр. 3—10.
Мамонтов В., Анализы полезных ископаемых Алтая, Барнаул, 1907, стр. 46.

Мамонтов В., Список рудных месторождений Алтайского округа, Барнаул, 1908, стр. 4—70, 454—457.
Мамышев Н., Горн. журн., 1827, № 1, стр. 24—34.
Мамышев И., Артиллер. журн., 1888, № 7.
Марголиус А., Материалы геол. Кавказа (3), 5, Тифлис, 1903, стр. 78—149; (3), 8, Тифлис, 1909, стр. 223.
[Марков] Markov, Biochem. Zschr., 57, 1913, S. 1.
Марков К., Ест.-произв. силы России, IV, вып. 9, 1917, стр. 4.
Марков К., Хим.-техн. справочник, 1, изд. 2, Пг., 1923, стр. 163.
Маркович В., В верховьях Ардона, СПб., 1906, стр. 79.
Марковский Г., Отчет осмотра казенного нефт. участка Ферганской обл., Баку, 1901, стр. 45.
Мартьянов Н., Минусинский публичный музей, Томск, 1881, стр. 46—47.
Маршалов Н., Горн. журн., 1922, стр. 114.
Матасов, К столетию с начала разработки золотоносных россыпей в России, Т., 1914.
Мевиус А., Горн. журн., 1873, I, стр. 260—261.
Меглицкий, Горн. журн., 1855, II, стр. 38—61.
[Меглицкий] Meglitzky, Verhandl. SPb. Miner. Ges. (Тр. СПб. Минер. общ.), 1856, S. 150—154.
Мезерницкий П., Русский врач, 1908, № 2, стр. 17.
Мезерницкий П., Журн. Физ.-хим. общ., 43, 1911, физ. часть, стр. 246—248.
Мейендорф А., Опыт прикладной геологии Сев. басс. Европ. России, СПб., 1849, стр. 133—148.
Мейстер А., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Енисейский район, I, СПб., 1900, стр. 74—75; II, 1901, стр. 32.
Мейстер А. (1), Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Енисейский район, IV, СПб. 1903, стр. 19—24.
Мейстер А., Геол. карта Енисейского золотоносного района, СПб., 1903—1908 листы К-7, К-8, Л-7, Л-8, Л-9, И-8.
Мейстер А. (2), То же, лист К-8, 1903,
Мейстер А. (1), Сборник в память И. В. Мушкетова, СПб., 1904, стр. 101—108.
Мейстер А. (2), Геол. карта Енисейского золотоносного района, СПб., Л-6, 1904, стр. 31.
Мейстер А. (3), То же, Л-8, 1904, стр. 13—55.
Мейстер А., То же, лист К-9 (описание), 1905, стр. 32—36.
Мейстер А., Описание маршрутов ю.-в. части Енисейского округа, СПб., 1907.
Мейстер А. (1), Геол. карта Енисейского золотоносного района. Лист И-8, 1908, стр. 55.
Мейстер А. (2), Описание маршрутов ю.-з. части Енисейского округа, СПб., 1908.
Мейстер А., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Енисейский район, IX, СПб., 1910, стр. 103—129.
Мейстер А., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, VII, СПб., 1911, стр. 35; X, 1914, стр. 208—211.
Меллер В. и Денисов М., Полезные ископаемые Кавказа, изд. 3, Тифлис, 1900, стр. 35—154.
Мельников М., Горн. журн., 1882, I, стр. 88—135.
Мельников М. (1), Зап. Минер. общ., 25, 1889, стр. 377—378.
Мельников М. (2), Материалы геол. России, 13, 1889, стр. 252—273.
Мельников М., Горн. журн., 1892, I, стр. 447; 1893, 1, стр. 108.
Мельников П., Дневник XII Съезда русск. естествоиспыт., М., 1910, стр. 489.
Менге, Труды Минер. общ., 1, 1830, стр. 239—249.
Менделеев Д., О барометрическом нивелировании, СПб., 1876, стр. 47.
Менделеев Д., Основы химии, изд. 8, СПб., 1906, стр. 141.
Меншуткин Б., М. В. Ломоносов как физико-химик, СПб., 1904, стр. 170.
Меньшенин Д., Горн. журн., 1829, I, стр. 156.
Меринг Э., Химические исследования источников водоснабжения Закаспийской обл., СПб., 1907.
Мефферт Б. Ф., Тр. Геол. ком., новая серия, 60, 1910, стр. 18.
Мефферт Б. Ф., Ест.-произв. силы России, IV, вып. 20, Пг., 1919, стр. 275—285.
Миклашевский, Горн. журн., 1861, IV, стр. 122; 1871, II, стр. 202.
Миклашевский, Месторождения огнеупорных глин Европейской России, СПб., 1881, стр. 334—356.
Миклашевский А., Деньги, М., 1895, стр. 133.
Миткевич-Волчасский Е., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, IX, СПб., 1913, стр. 89.
Миткевич-Волчасский Е., Отчет Геол. ком. за 1915 г., Пг., 1916, стр. 232.

Михайлов, Горн. журн., 1895, III, стр. 327.
Михайлов Н., Горн. журн., 1862, I, стр. 370.
Михайлов П., Горн. журн., 1879, III, стр. 12.
Михайловский Г., К петрографии Северного Урала, Варшава, 1898, стр. 28—34.
Михайловский, Изв. Геол. ком., **19**, 1900, стр. 15; **20**, 1901, стр. 340.
Михайловский С., Зап. Горного инст., **5**, 1914, стр. 107.
Морозевич И., К петрографии Волыни, В., 1893, стр. 32 (Ученые записки Варшавского унив.).
Морозевич И., Изв. Геол. ком., **18**, 1899, стр. 380—381.
Морозевич И., Тр. Геол. ком., новая серия, **3**, 1903, стр. 10—11.
Морозевич И. и Конюшевский, Изв. Геол. ком., **23**, 1904, стр. 51.
Морозов Н., Изв. СПб. Политехн. инст., **17**, 1912, стр. 120.
Мощанский Л., Изв. Общ. изучения Олонецкого края, Пг., 1916, стр. 153.
Муравьев Н., Путешествие в Туркмению и Хиву, II, М., 1822, стр. 19.
Мухин И., Тр. Минер. общ., **2**, 1842, стр. 79—134.
Мушкетов И., Горн. журн., 1873, I, стр. 82—315.
Мушкетов И. (1), Горн. журн., 1877, III, стр. 262—326 (то же, в «Зап. Мин. общ.», **13**, 1878).
Мушкетов И. (2), Горн. журн., 1877, IV, стр. 184.
[Мушкетов И.] (1), Mouchketoff J., Les richesses minér. du Tourkestan, P., 1878, p. 7—8.
Мушкетов И. (2), Зап. Минер. общ., **13**, 1878, стр. 136—160.
Мушкетов И., Туркестан, I, СПб., 1886, стр. 483—683.
Мушкетов И., Зап. Минер. общ., **29**, 1892, стр. 229.
Мушкетов И., Общая геол. карта, лист 95—96, Геол. исслед. Калмыцкой степи, СПб., 1895, стр. 101.
Мушкетов И., Физическая геология, изд. 2, I, СПб., 1899, стр. 404—590.
Мушкетов И., Туркестан, II, СПб., 1906, стр. 76—359.
Мышенков Д. (1), Зап. Геогр. общ. по общей географии, **4**, 1871, стр. 282—285.
Мышенков Д. (2), Зап. Русск. техн. общ., **4**, 1871, стр. 16.
Мышенков Д., Материалы для статистики Туркестана, Ежегодн., 1873, II, стр. 138.
Мюлен М., Протоколы Общ. естествоиспыт. при Юрьевском унив., **14**, 1906, Прилож., стр. 6.

Надсон Г., Микроорганизмы как геологические деятели, СПб., 1903, стр. 32—80.
Надсон Г., Изв. СПб. Ботан. сада, **13**, 1913.
Надсон Г., Журнал микробиологии, **1**, 1914, стр. 52.
Нацкий А. (1), Ест.-произв. силы России, IV, вып. 23, Пг., 1917, стр. 16—19.
Нацкий А. (2), Материалы общ. и прикл. геологии, **4**, Пг., 1917, стр. 54—55.
Ненадкевич К., Тр. Геол. музея Акад. Наук, **1**, 1907, стр. 82—83.
Ненадкевич К., Изв. Акад. Наук, 1917, стр. 447—452.
Ненадкевич К., Очерк исследования висмутовых руд Забайкалья, Чита, 1922, стр. 9.
Нерчинский округ Кабинета, Хабаровск, 1913, стр. 59—121.
Нестеров, М., Горн. журн., 1839, IV, стр. 16.
Нестеров М., Вестн. золотопром., Томск, 1904, стр. 129.
Нестеровский Н., Горн. журн., 1835, III, стр. 453; 1837, I, стр. 45.
Нестеровский Н., Изв. Общ. горн. инж., 1892, № 3, стр. 27.
Нестеровский Н., Горн. журн., 1893, II, стр. 228—229; 1896, III, стр. 327.
Неуструев С. и Прасолов Л., Самарский уезд, Материалы по оценке земель Самарской губ., ест.-ист. часть, **5**, 1911, стр. 59—60.
Нефедьев В., Краткий каталог минералогического собрания Горного инст., СПб., 1871, стр. 1—35.
Нечаев А., По Горной Бухаре, СПб., 1914, стр. 65.
[Нечаев А.], Изв. Геол. ком., **33**, 1914, стр. 107.
Нечаев А., Изв. Геол. ком., **34**, 1915, стр. 483.
Никитин В. (1), Геол. исслед. центральной группы дач Верх-Исетских заводов, I, СПб., 1907, стр. 150—272.
Никитин В. (2), Тр. Геол. ком., новая серия, **22**, 1907, стр. 42—44.
Никитин С., Бассейн Оки, II, М., 1905, стр. 28, 83 (Тр. эксп. по изучению рек Европейской России).
Николаев А., Материалы геол. России, **23**, 1908, стр. 494—552.
Николеаев А., Тр. Геол. музея Акад. Наук, 1912, стр. 182.
Николаев В., Якутский край и его исследователи, Якутск, 1913, стр. 73.

Николаев Д., Геологические исследования в Кыштымской даче, СПб., 1902, стр. 56—64.
Николаев П., Горн. журн., 1879, I, стр. 342—343.
Новакович С., Годишница Н. Чупича, III, Белград, 1879, стр. 275.
Новаковский М., Горн. журн., 1887, IV, стр. 118.
Ноинский М., Самарская Лука, Казань, 1913, стр. 86—667.
Носовы, Горн. журн., 1869, I, стр. 388.
Ньюберри, Горн. журн., 1882, II, стр. 338.

Обручев В. А., Зап. Минер. общ., **25**, 1889, стр. 60.
Обручев В. А., Горн. журн., 1890, IV, стр. 356—453.
Обручев В. А., Изв. Вост.-Сиб. отд. Геогр. общ., **22**, 1891, № 2—4.
Обручев В. А., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., **19**, СПб., 1899, стр. 122—126.
Обручев В. А., Вестн. золотопром., Томск, 1903, стр. 70.
Обручев В. А., Геол. карта Ленского золотоносного района, Описание листов IV—1 и 2, СПб., 1907, стр. 238—267.
Обручев В. А., Бассейн р. Накатами и его золотые прииски, Томск, 1909, стр 9—23.
Обручев В. А., Геол. карта Ленского золотоносного района, V, 1—2, СПб., 1910, стр. 156—159.
Обручев В. А. (1), Геол. обзор золотоносных районов Сибири, 1911—1915: I. Западная Сибирь, СПб., 1911; II. Средняя Сибирь, 1911—1915.
Обручев В. А. (2), Геол. обзор золотоносных районов Сибири, II, 1, Саянская обл., СПб., 1911, стр. 15—136.
Обручев В. А., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., XXII, I, Пг., 1914, стр. 531—693, № 46а.
Обручев В. А., Геол. обзор золотоносных районов Сибири, II, 2, Енисейская обл., Пг., 1915, стр. 7—92.
Обручев В. А., Олекмо-Витимский золотоносный район, Пг., 1923.
Обручев С., Рудный вестн., 1918, № 1—4, стр. 6—20.
Обручев С., Тунгусский угленосный бассейн, М., 1919, стр. 3—29.
Обручев С., Горн. журн., 1922, стр. 132.
Общий обзор горной и горнозаводской промышленности, Пг., 1915, стр. 2—85.
Оводенко С., Горн. и золотопром. изв., **10**, Томск, 1913, стр 126—127.
Ожегов П., Протоколы Казанского общ. естествоиспыт., **34**, 1904, Прилож. № 205, стр. 12.
Озерецковский, Путешествие по озерам Ладожскому и Онежскому, СПб., 1792, стр. 259.
Озерецковский, Nova Acta Acad. Petrop., **7**, SPb., 1793, p. 346.
[Озерский А.] (1), Osersky A. Verhandl. Miner. Ges. (Тр. Минер. общ.), SPb., 1843, S. 74.
Озерский А. (2), Горн. журн., 1843, III, стр. 234—236.
Озерский А., Горн. журн., 1844, II, стр. 183—195.
Озерский А. (1), Очерк геологии, минеральных богатств и горных промыслов Забайкалья, СПб., 1867, стр. 78—85.
Озерский А. (2), Сборник в память столетия Горного инст., СПб., 1867, стр. 77.
Озерский А. (3), Сборник Минер. общ., СПб., 1867, I, стр. 69—101.
Окладных, Горн. журн., 1862, IV, стр. 253; 1868, II, стр. 380.
Омелянский В. Л., Основы микробиологии, 1909, стр. 247—319.
Омелянский В. Л., Архив биол. наук, **18**, 1913.
Омелянский В. Л. и Солунскова М. М., Арх. биол. наук, **18**, 1913, стр. 433—454.
Орлов А., Отчет Казан. стат. ком. за 1884 г., I, 1885, стр. 111.
Орлов Н., Фармацевтический журн., **42**, 1903, стр. 783—813.
Орлов Н., Тр. II Съезда бальнеол., **2**, СПб., 1903, стр. 25.
Орлов П., Изв. Инст. исслед. Сибири, **3**, Томск, 1921, стр. 18—39.
Орловский В., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1898, прот.
Оссендовский А., Горн. журн., 1905, III, стр. 262.
Ошанин, Изв. Геогр. общ., **16**, 1880.
Ощепков И., Зап. Уральского общ. естествоиспыт., 1883, стр. 87.

Павлинов, Горн. журн., 1835, III, стр. 78.
Павлов Н., Изв. Геол. ком., **34**, 1915, стр. 376.
[Палласс П.] (1), Pallas P. Reise durch verschiedene Theile Russischen Reiches, II, 2, SPb., 1773.

Паллас П. (2), Путешествие по разным провинциям Российской империи, I, СПб. 1773, стр. 57—287.
Паллас П., Академич. изв., 1780, V, стр. 322—332.
[Паллас П.] Pallas P., Neue Nordische Beiträge, 2, SPb., 1781, S. 306; 4, SPb., 1783, S. 244—245.
Паллас П., Путешествие по разным провинциям Российской империи, II, 1, СПб., 1786, стр. 102—412.
Паллас П., То же (Путешествие), III, 1, СПб., 1788, стр. 374—375.
[Паллас П.] Pallas P., Neue Nordische Beiträge, 4, 1793, S. 274—306.
Паллас П., Наставления и письма студенту Кашкарову (опубл. Спасским), Сибирск. вестн., ч. 6, СПб., 1819, стр. 89.
[Пандер] Pander C., Verhandl. SPb. Min. Ges. (Тр. Мин. общ.), 1863, S. 125.
Парландт Д., Изв. СПб. Ботан. сада, 1911.
[Парот] Parrot G., Ann. Phys., 10, 1802, p. 193.
[Парот] Parrot G., Magazine f. Naturkunde, 1800, II, S. 154.
[Парот] Parrot G., Mém. Acad. Sci. St.-Petersb., (6), Sci. phys. et mathém., I, 1838, p. 23.
Пестерев, Горн. журн., 1839, IV, стр. 18.
[Петренко Г.] Petrenko G. J., Zschr. anorg. Chem., 1906, S. 133.
Петренко Г., Журн. Русск. хим. общ., 46, 2, 1914, стр. 179.
Петц Г., Тр. Геол. части Кабинета, III, 1, СПб., 1898, стр. 108; VI, 1907, стр. 247.
[Пешке], Piesche, Iss, L., 1837, p. 434.
Пилипенко П., Сборник в честь 25-летия научной деятельности В. И. Вернадского, М., 1914, стр. 187.
Пилипенко П., Минералогия Западного Алтая, Изв. Томского унив., кн. 62, 1915, стр. 318—346, 724.
Планер Д., Топографическая минералогия России, 1868 (рукопись, хранящаяся в библиотеке СПб. Минер. общ.).
Плиний Кай Секунд, Естественная история ископаемых тел, 1819 (перевод с примечаниями и дополнениями Севергина), стр. 4—219.
Плотников И., Изв. Акад. Наук, 1917, стр. 883.
Подгаецкий А., Горн. журн. 1891, I, стр. 234; 1892, I, стр. 347.
Поклевский-Козелл, Изв. Туркестанского отд. Русск. Геогр. общ., 11, 2, 1915, стр. 54.
Покровская М., Врач, 11, 1890, стр. 9.
Полевой, Изв. Геол. ком., 32, 1913, стр. 242—292.
Полевой Н., Анадырский край, I, 1915, стр. 103—113.
Полевой Н., Поверхность и недра, 7, 1916, стр. 153.
Полевой Н., Отчет Геол. ком. за 1916 г., Изв. Геол. ком., 1917, стр. 283.
Поленов Б., Тр. Геол. части Кабинета, II, 2, СПб., 1898, стр. 143.
Поленов Б., Массивные горные породы северной части Витимского плоскогорья, 1899.
Поленов Б., Тр. Геол. части Кабинета, III, СПб., 1901, стр. 300; VIII, 2, Пг., 1915, стр. 348—571.
Полетика И., Вестн. Геогр. общ., 28, 1860, отд. II, стр. 15—16.
Попов И. (ред.), Сборник статистических сведений о горнозаводской промышленности России за 1905 г., СПб., 1908, стр. 1—223.
[Попов Н.], Хозяйственное описание Пермской губ., I, СПб., 1804, стр. 43; изд. 2, 1811, стр. 19—283.
Попов С. П., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1900, стр. 481, 483; 1903.
Попов С. П., Изв. Акад. Наук, 1913, стр. 253.
Порватов Б., Горн. и зол. известия, 12, Томск, 1915, стр. 267—268.
[Потт Г.] Pott H., Geschichte Miner. Ges. in St.-Petersb., 1842, S. CLII—CLIII. См. Седаков.
Православлев П., К геологии окрестностей Баскунчакского озера, Варшава, 1903, стр. 48—67.
Пранги и Савицкий, Горн. журн., 1864, II, стр. 93.
Пранги Ярославцев, Горн. журн., 1861, II, стр. 316—336; 1864, II, стр. 93—94.
Предтеченский, Сибирская врачебная газета, 1912, № 12—14.
Преображенский И., Изв. СПб. Политехн. инст., 15, 1911, стр. 295—321.
Преображенский П., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Ленский район, IX, СПб., 1913, стр. 112.
Пригоровский М., Изв. Геол. ком., 33, 1914, стр. 925.
Присадский, Изв. Геогр. общ., 50, 1914, стр. 267.

Прокопов К., Геологический очерк Ставропольских высот в связи с нахождением в Ставрополе горючих газов, Ставрополь, 1912, стр. 336 (по С. Чарноцкому).
Прокопов К. (1), Геол. исслед. Кубанского нефтеносного района, Листы Верхне-Боканский и Кесслерово-Вареникoвский, Пг., 1914, стр. 75 (Тр. Геол. ком., **92**).
Прокопов К. (2), Изв. Геол. ком., **33**, 1914, стр. 336.
Протасов П., Горн. журн., 1830, III, стр. 93—111; 1831, IV, стр. 204; 1833, IV, стр. 332—340; 1842, I, стр. 474.
Прудков, Изв. Геогр. общ., **54**, 1918.
Пузыревский П., Verhandl. Miner. Ges. (Тр. Минер. общ.,), 1857—1858, 1858, S. 159.
Пузыревский П., Зап. Минер. общ., **1**, 1866, стр. 168—337.
[Пуриевич К.] Puriewitsch K., Ber. Deutsch. botan. Ges., **13**, Berlin, 1895, S. 342.
Пфаффиус А., Изв. Общ. горн. инж., 1899, стр. 41.
Пыляев М., Драгоценные камни, изд 3, СПб., 1896.
Пятницкий П., Исследование кристаллических сланцев Южной России, **10**, 1898, стр. 169.
Пятницкий П., Материалы геол. России, **22**, 1905, стр. 276—280.

[Ракузин М.] Rakusin M., Die Untersuchung d. Erdöls, Br., 1906, S. 180.
Ракузин М., Зап. Минер. общ., **49**, 1912, стр. 125.
Раммуль А., Вестн. Общ. гигиены, 1900, стр. 1530.
Раммуль А., Сборник работ гигиен. лабор. Юрьевского унив., I, Юрьев, 1902, стр. 224—235.
Редикорцев И., Горн. журн., 1832, II, стр. 315; 1839, III, стр. 457.
Рейнеке М., Гидрографическое описание северного берега России, I, СПб., 1850, стр. 501.
[Ренованц Г.] Renowantz H., Neue Nordische Beiträge, **1**, SPb., 1781, S. 145.
[Ренованц Г.] Renowantz H., Nachrichten von Altaischen Gebürg. Rev., 1788, S. 20—211.
Ресин А., Изв. Геогр. общ., **24**, 1888, стр. 129.
Реутовский В., Вестн. золотопром., Томск, 1894, стр. 29.
Реутовский В. (1), Геол. карта золотоносного района среднего течения Большого Абакана, Томск, 1896.
Реутовский В. (2), Вестн. золотопром., Томск, 1896, стр. 125—163.
Реутовский В. (1), Полезные ископаемые Сибири, I, СПб., 1905, стр. 96—478.
Реутовский В. (2), То же, II, 1905, стр. 172—176.
Риппас, Горн. журн., 1869, III, стр. 399.
Риппас П., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, IV, СПб., 1904, стр. 82.
Рихтер П., Горн. журн., 1832, III, стр. 145.
Рогов Я., Зап. Уральского общ. любит. естествозн., **1**, 1874, стр. 45.
Родевич, Очерк Урянхайского края, 1910, стр. 152.
Рожков В., Горн. журн., 1885, II, стр. 277—298; 1888, I, стр. 291—298.
Романовский Г., Горн. журн., 1852, I, стр. 141; 1856, II, стр. 167; 1857, I, стр. 195; 1868, II, стр. 517.
Романовский Г., Материалы геол. Туркестана, II, СПб., 1878, стр. 37.
Романовский Г., Горн. журн., 1882, III, стр. 319.
Романовский Г., Краткий очерк исследования восточной части Киргизской степи, СПб., 1903, стр. 39.
Рудаков, Горн. журн., 1835, IV, стр. 226.
Рудзкий Ф., Зап. мат. отд. Новороссийского общ. естествоиспыт., **15**, Одесса, 1893, стр. 71.
Рыбалкин М., Вестн. золотопром., Томск, 1904, стр. 97.
Рыкачев М., Исторический очерк Главной физической обсерватории, I, СПб., 1899, стр. 156—157.
Рычков П. (1), Топография Оренбургская, I, 1762, стр. 269.
Рычков П. (2), То же, II, 1762, стр. 114—228.
Рябинин А., Тр. Геол. ком., новая серия, **93**, 1913, стр. 14—16.
Рязанов В., Отчет по статист. исслед. золотоносного Амурско-Приморского района, I, СПб., 1902; II, 2, 1903, стр. 140—928.

Саблин, Горн. журн., 1846, II, стр. 230—245.
Савицкий и Шамарин, Горн. журн., 1883, IV, стр. 497.
Савченков Ф., Горн. журн., 1888, I, стр. 457.
Самойлов и Юдин] Samoilov et Joudine, Le physiologiste russe, II, 1901, p. 171.

Самойлов Я., Естествознание и география, М., 1899.
Самойлов Я., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1902, стр. 529.
Самойлов Я., Зап. Минер. общ., **43**, 1905, стр. 237—239.
Самойлов Я., Минералогия Нагольного кряжа, СПб., 1906, стр. 86—95.
Самсонов Н., Тр. Пром.-научн. эксп. псков. вод., 1912, отд. I, вып. 1.
Сарсадских Н., Золото и платина, Томск, 1915, стр. 163.
Сборник статистических сведений о горнозаводской промышленности России за 1905 г., СПб., 1908.—См. Попов Н. (ред.).
Сборовский А., Зап.-Сиб. отд. Геогр. общ., **19**, Омск, 1896, стр. 29—120.
Свенске, Новая Земля, СПб., 1867, стр. 19.
[Свинне Р.] Swinne R., Chem. Ztg., 1910, № 134.
Свинне Р., Журн. Физ.-хим. общ., 1913.
Севастьянов, Горн. журн., 1862, I, стр. 545—554.
Севергин В. М., Царство ископаемых, II, СПб., 1791, стр. 59.
Севергин В. М. (1), Первые основания минералогии, II, СПб., 1798, стр. 58—59.
[Севергин В. М.] (2) Severgin, Nova Acta Acad. Petrop., **11**, SPb., 1798, p. 298.
Севергин В. М., Обозрение Российской Финляндии, СПб., 1805, стр. 61—127.
Севергин В. М., Технолог. журн., **3**, 1806, стр. 99.
Севергин В. М., Опыт минералогического описания Российского государства, II, СПб., 1809, стр. 7—135.
Севергин В. М., Технолог. журн., **11**, 1814, стр. 44.
Северцов Н., Путешествия по Туркестанскому краю, СПб., 1873, стр. 73—106.
[Седаков], [Каталог иркутских минералов] в статье Потта, Geschichte Miner. Ges. SPb., Schriften Miner. Ges., **1**, SPb., 1842, S. CLII—CLIII.
Селецкий и Ворздынский, Изв. Киевского унив., 1882, № 8, стр. 245.
Семенов П., Горн. журн., 1837, I, стр. 246—253.
Семенов П., Черский И. и Петц Г., Новейшие сведения о географии стран, входящих в Азиатскую Россию, I, в кн.: Риттер, Землеведение, СПб., 1894, стр. 257.
Семенский, О гигиеническом значении растворенного в воде кислорода, Варшава, 1888.
Семенченко А., Горно-разведочное дело Сибири, № 1, Томск, 1921, стр. 49.
Сергеев М., Зап. Читинского отд. Приамурского отд. Геогр. общ., **2**, 1897, стр. 77.
Серебренников А. Г., Ежегодн. Ферганской обл., I, 1902, стр. 136—192.
[Сеченов и Шатупиков] Setchenov u. Schatupikov, Zschr. phys. Chem., **18**, 1895, S. 563.
[Сиверс] Sievers, Neue Nordische Beiträge, V, SPb., 1793, S. 228.
Сивков, Горн. журн., 1836, III, стр. 250—255.
Сиволобов, Техник, 1883, № 35.
Сидоренко М., Зап. Новороссийского общ. естествоиспыт., **21**, 2, 1897, стр. 127—130; **24**, 1, 1901, стр. 97—104; **25**, 1903, стр. 78.
Сидоренко М., Описание некоторых минералов Хотинского у., Одесса, 1904, стр. 20—32.
Сидоренко М., Научные результаты Аральской экспедиции, Туркест. отд. Геогр. общ., **10**, СПб., 1911.
[Сикора и Паульсен] Sykora et Paulsen, Mém. Acad. Sci. SPb., **11**, 1902.
Симонович С., Материалы геол. Кавказа, 1877, стр. 43; (2), VI, 1892, стр. 369—370.
Симонович С. (1), Вестн. горного дела на Кавказе, Тифлис, 1901, № 6, стр. 9.
Симонович С. (2), Там же, 1901, № 8.
Скальковский К., Горн. журн., 1867, II, стр. 18—23.
Скориков А., Материалы к познанию русск. рыбов., **2**, 8, 1913; **4**, 2, 1915, стр. 11.
Скоров М., Медицинский сборник, I, 1866, № 2, стр. 106.
Скрепинский К., Изв. Донского Политехн. инст., III, 1914, стр. 148.
Слюнин Н., Охотско-Камчатский край, I, СПб., 1900, стр. 121—197.
Смирнов Г., Материалы геол. Кавказа (3), **6**, 1905, стр. 198—280.
Смирнов Н., Изв. Уральского общ. естествоиспыт., **30**, 1910, стр. 118.
Соболевский П. (1), Об очищении и обработке сырой платины, СПб., 1827, стр. 4.
Соболевский П. (2), Горн. журн., 1827, № 4, стр. 87—96.
Соболевский П. Горн. журн., 1835, I, стр. 525—528; 1839, II.
Совинский С., Изв. Общ. горн. инж., 1892, № 3, стр. 33.
Соколов А., Врач, 1892, стр. 547.

Соколов А., Зап. Русск. бальнеол. общ., VI, 1903, № 6.
Соколов А., Журн. Физ.-хим. общ., **37**, 1905, стр. 61, 101—138.
Соколов В., Ест.-произв. силы России, IV, вып. 7, 1917, стр. 49.
Соколов Д., Отеч. записки, **13**, 1823, стр. 165—309.
Соколов Д., Указатель открытий по физике, СПб., 1824, № 1, стр. 61—65.
Соколов Д., Горн. журн., 1825, № 3, стр. 152; 1826, № 12, стр. 3—24.
Соколов Д., Руководство к минералогии, II, СПб., 1832, стр. 617—816.
Соколов Д., Добавление к минералогии, СПб., 1838, стр. 110.
Соколов Д., Изв. Геол. ком., **25**, 1906, стр. 511.
Соколов Д., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1909, стр. 44.
Соколов Д., Отчет Геол. ком. за 1915 г., 1916, стр. 174.
Соколов Д., Очерк полезных ископаемых Тургайской обл., Омск, 1918, стр. 13—28.
Соколовский, Горн. журн., 1833, III, стр. 127—128; 1834, IV, стр. 207; 1837, I, стр. 599; 1841, II, стр. 497.
Солодов Н., Уральское Горн. обозр., 1904, № 1—2.
Сопальский, Горн. журн., 1856, III, стр. 107.
Спасский, Горн. журн., 1827, I.
Спасский Г., Сибирский вестн., 1822, № 4, стр. 121.
Стальнов Н., Геол. карта Енисейского золотоносного района, Лист И-8, СПб., 1912, стр. 26.
Степанов П., Вестн. золотопром., Томск, 1893, стр. 184—225.
Степанов П., Ест.-произв. силы России, IV, вып. 21, Пг., 1919, стр. 11—54.
Столетов А., Очерк развития наших сведений о газах, М., 1879 (речь и отчет Московского унив.).
Стопневич А., Тр. Ставропольского общ. изуч. Сев. Кавказа, I, СПб., 1911, оттиск, стр. 3.
Стопневич А., Ест.-произв. силы России, IV, вып. 39, 1917, стр. 11—30.
Страбон, География (перевод Мищенко), М., 1879, кн. V, гл. 1, стр. 220; кн. XI, гл. 2, стр. 509; кн. XVI, стр. 775.
Стражевский, Горн. журн., 1838, III, стр. 2; 1841, I, стр. 3—5.
Стрижов И., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), **12**, 1898, стр. 39.
Стрижов И. Небольшие разведки золота на Кавказе, М., 1899, стр. 7 (Из «Вестн. золотопром.», № 19, 1899).
Стрижов И., Изв. Кавказского отд. Геогр. общ., **14**, 1901, стр. 170—184.
Стрижов И., Горн. журн., 1902, III, стр. 162.
Струве Г., Горн. журн., 1859, II, стр. 104.
Студенко Г., Горн. журн., 1829, II, стр. 46.
Суворов Е., Изв., Геогр. общ., **45**, 1909, стр. 443.
Сущинский П., Материалы геол. России, **22**, СПб., 1904, стр. 231—254.
Сущинский П., Изв. Акад. Наук, 1917, стр. 519.
Сырокомский В. и Яхонтов Н., Хим.-техн. справочник, I, ч. 1, 1923, стр. 41, 217.
Сыромолотов Ф., Рудный вестник, **1**, 1916, стр. 65.

Талиев В., Основы ботаники, изд. 4, Харьков, 1917, стр. 235.
Таль Х., Горн. журн., 1871, IV, стр. 428—429.
Таскин, Горн. журн., 1850, I, стр. 295; 1865, III, стр. 236.
Татаринов, Горн. журн., 1826, № 6, стр. 152; 1852, IV, стр. 71; 1865, II, стр. 461—473.
Тебеньков, Географ. замечания к атласу сев.-зап. Америки, СПб., 1852, стр. 23.
Тейх Н., Сборник материалов для статистики Сыр-Дарьинской обл., VI, 1897, стр. 194.
Теплоухов, Пермский край, III, Пермь, 1895, стр. 247.
Тетяев М., Сев.-Зап. Прибайкалье. Бассейн р. Тыи, Пг., 1915, стр. 45 (Тр. Геол. ком., **108**).
Тетяев М., Материалы по общей и прикладной геологии, **32**, Пг., 1918, стр. 25—44.
Титов В., Горн. журн., 1855, II, стр. 448—487.
Титов В., Дневник XII Съезда русск. естествоиспыт., М., 1910, стр. 368.
Титов В., Изв. Томского Технол. инст., 1913, № 2.
Тихомиров В., Горн. журн., 1899, I, стр. 489.
Тихонович Н., Изв. Геол. ком., **27**, 1908, стр. 329.
Тихонович Н., Тр. Геол. ком., **119**, 1915, стр. 21.
Тихонович Н., Материалы по орган. экспедиций (Отчет горнозав. эксп. по учету минеральных богатств, № 1), Оренбург, 1918.

Тихонович Н. и Замятин А., Изв. Геол. ком., **31**, 1912, стр. 583.
Тихонович Н. и Полевой П., Изв. Геол. ком., **29**, 1910, стр. 746.
Тове Л. и Горбачев М., Отчет по статист.-эконом. исследованию золотопромышленности южной части Енисейского округа, СПб., 1899, стр. 53—397.
Тове Л. и Иванов Д., Отчет по статист. исследованию золотопромышленности Амурско-Приморского района, II, 1, СПб., 1905, стр. 1—250.
Тове Л. и Рязанов В., Отчет по статист.-эконом. исследованию золотопромышленности Амурско-Приморского района, I, СПб., 1902, стр. 304—321.
Токарев И., Серп и молот, Екатеринбург, 1920, № 17.
Толмачев И., Тр. геол. части Кабинета, **7**, СПб., 1909, стр. 716—723.
Толмачев И., Геол. описание и полезные ископаемые района Южно-Сибирской ж. д., СПб., 1913, стр. 44—54.
Томсон, Горн. журн., 1832, III, стр. 296; 1835, III, стр. 190—195.
[Траутшольд Г.], Trautschold H., N. Jb. Min., 1876, S. 636.
Тресковский В. Золото и серебро на Кавказе, Тифлис, 1875, стр. 5.
Триниус К., Речь о предполагаемых Академиею ученых путешествиях для исследования естественных произведений России. — Собр. актов публичн. заседания СПб. Акад. Наук, 29 дек. 1827 г., СПб., 1828, стр. 96.
Трушков Н., Горн. журн., 1905, III, стр. 78.
Тульчинский, Изв. Геогр. общ., **36**, 1906, стр. 544.
Тутковский П., Тр. Общ. исслед. Волыни, Прилож. к т. VII, К., 1913, стр. 15.
Тучемский Ю., Горн. журн., 1872, IV, стр. 161.

Ушейкин Н., Материалы по общей и прикладной геологии, № 1, 1916, стр. 28.

Фаас, Геол. вестн., **2**, 1916, стр. 135.
[Фальк И.] Falk J., Beiträge zu topographischen Kenntnis des Russischen Reichs, I, SPb., 1785, S. 105; II, 1786, S. 55—57.
Фаминцын А., Обмен веществ, СПб., 1883, стр. 618.
Федоров А., Тр. Общ. физико-хим. наук Харьковского унив., **39**, 1912, стр. 28.
[Федоров Е. С.] Fedorow E., Min. Petr. Mitt., **14**, 1894, S. 86—89.
Федоров Е. С., Горн. журн., 1897, II, стр. 97; 1904, II, стр. 227.
Федоров Е. С., Зап. Горн. инст., **2**, 1909, стр. 311.
Федоров Е. и Никитин В., Ежегодн. минер. и геол. России, III, 1898—1899, стр. 83—84.
Федоров Е. и Никитин В. (1), Богословский горный округ, СПб., 1901, стр. 17—23.
Федоров Е. и Никитин В. (2), То же, II, 1901, стр. 15.
Федоров Е. и Никитин В. (3), То же, V, 1901, стр. 90—98.
Федоров Н., Тр. I Съезда естествоиспыт., СПб., 1868, отд. хим., стр. 79.
Федченко, Изв. Общ. любит. естествозн., антропол. и геогр., **10**, 1872, 1, стр. 83.
Фелькнер, Горн., журн., 1857, I, стр. 360.
Ферреро Г., Величие и падение Рима (перевод А. Захарова), М., 1915, стр. 44.
Ферсман А., Изв. Акад. Наук, 1907, стр. 218; 1912, стр. 367.
[Ферсман А. и Гольдшмидт В.], Fersmann A. u. Goldschmidt V., Der Diamant, Heidelberg, 1911, S. 6—54.
Филев, Горн. журн., 1835, III, стр. 237—264.
Флеров А., Изв. Центр. военно-пром. ком., 1916, № 73.
Флоринский В., Первобытные славяне, I, Т., 1894, стр. 205—255.
Фомин А., Сборник анализов воды источников Кавказских минеральных вод, Пятигорск, 1886, стр. 125.
Фризер Я., Золотопромышленность в Баргузинском окр., СПб., 1901.
Фризер Я., Статистический очерк Корононских золотых промыслов, СПб., 1906.
Фурман, Технолог. журн., **9**, 1812, стр. 72—79.
Фурман, Горн. журн., 1828, № 11, стр. 25—31.

Харичков К., О составе и технических свойствах нефтей русских месторождений, Баку, 1902, стр. 168—171.
Харичков К., Современные газоаналитические методы, **10**, 1904, стр. 54—56.
Харичков К., Минералогия углерода, Тифлис, 1911, стр. 233—285.
Харичков К., Горн. журн., 1913, IV, стр. 229.
Хвостов М., История восточной торговли греко-римск. Египта, Казань, 1907, стр. 73—427.
Хлапонин А., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, I, СПб., 1900; V, СПб., 1904, стр. 42—45.
Хлапонин А., То же, Геол. карта Зейского района, лист 1—5, 1905.

Хлапонин А. (1), То же, Амурско-Приморский район, VI, 1906, стр. 9.
Хлапонин А. (2), То же, р. Селемджа, Лист I, 1906, стр. 61—62.
Хлапонин А. (1), То же, Амурско-Приморский район, VII, 1907, стр. 31.
Хлапонин А. (2), То же, р. Селемджа, Лист II, 1907, стр. 3—62.
Хлапонин А. (1), То же, Амурско-Приморский район, IX, 1908, стр. 63.
Хлапонин А. (2), То же, Геол. карта Зейского района, 0-4, 1908, стр. 31.
Хлапонин А., То же, Амурско-Приморский район, XV, 1912, стр. 103—160.
Хлопин В., Журн. Русск физ.-хим. общ., хим. часть, **43**, 1911, стр. 561.
Хлопин Г., К методике определения растворенного в воде кислорода. М., 1896, стр. 114—181.
[Хлопин Г.] Chlopin G., Archiv f. Hygiene, **34**, 1899, S. 71; **37**, 1900, S. 329.
Хлопин Г., Материалы и заключение подкомиссии относительного испытания приборов для озонирования воды, СПб., 1911.
Хлопин Г. и Добровольский К., Вестн. обществ. гигиены, СПб., 1907, стр. 1570.
Хмыров, Минералы и металлы древней России, СПб., 1875, стр. 291.
Холодковский Н., Курс энтомологии, II, изд. 3, Пг., 1912, стр. 162.

Циглер М., Изв. Варшавского Политехн. инст., вып. 1, 1911, № 4.
Циккендрат Э., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1892, стр. 445.
Цимбаленко Л., Естественные богатства Закаспийской обл., Астрахань, 1896, стр. 15.
Цулукидзе Г., Материалы геол. Кавказа, (2), **1**, 1887, стр. 53.
Цулукидзе, Халатов и Архипов, Геол. описание части Нахичеванского у., Тифлис, 1868, стр. 14—19.
Цулукидзе, Архипов и Халатов, Геол. описание северной части Нахичеванского у., Тифлис, 1870, стр. 21.

Чайковский, Горн. журн., 1830, II, стр. 298—299; 1838, I, стр. 131.
Чевкин К., Горн. журн., 1851, III, стр. 378.
Чейкин М., Изв. Туркест. отд. Геогр. общ., **10**, 1914, стр. 183.
Чекановский А., Геол. исслед. Иркутской губ., Иркутск, 1874, стр. 200—202.
Чекановский А., Дневники 1871—1873 гг., Записки по общей географии (изд. Геогр. общ.), **20**, СПб., 1896, № 1, стр. 108.
Чеклецов, Горн. журн., 1827, № 5, стр. 102; 1832, IV, стр. 34; I, стр. 163; 1834, III, стр. 478.
Черкасов, Горн. журн., 1858, IV, стр. 27.
Черник Г., Журн. Русск. физ.-хим. общ., **27**, 1895, стр. 492—496; **28**, 1896, стр. 346; **29**, 1897, стр. 291—298.
Черник Г., Зап. Минер. общ., **41**, 1904, стр. 116.
Черник Г., Тр. Геол. музея Акад. Наук, **6**, 1912, стр. 8—87.
Черницын Н., Горн. журн., 1914, IV, стр. 226.
Чернов Д. К., Зап. Русск. Техн. общ., 1868, стр. 399.
Чернышев Ф. Н. Изв. Геол. ком., **4**, 1885, стр. 412.
Чернышев Ф. Н. (1), Общая геол. карта России, лист 139, СПб., 1889, стр. 305.
Чернышев Ф. Н. (2), Тр. Геол. ком., 3, 1889, № 4, стр. 182—311.
Чернышев Ф. Н. (3), Зап. Минер. общ., **25**, 1889, стр. 347; **29**, 1892, стр. 225.
[Чернышев Ф.] Tschernyschew Th., Guide du VII Congrès Géol., SPb., 1897.
Чернышев Ф. и Романовский Г., Горн. журн., 1895, I, стр. 230.
Черский И. Д. (1), Зап. Русск. Геогр. общ., **15**, № 3, 1886, стр. 12.
Черский И. Д. (2), Геол. карта Байкала, 1886.
Черский И. Д., Восточная Сибирь, в кн.: К. Риттер. Землеведение Азии (изд. Геогр. общ.,), СПб., 1895, стр. 160.
Чирвинский П. Н., Искусственное получение минералов, Киев, 1906.
Чирвинский П. Н., Геол. вестн., **4**, 1921, стр. 121.
[Чихачев П.] Tschihatcheff P., Voyage scientifique dans l'Altai, Paris, 1845, p. 263.
[Чихачев П.] Tschihatcheff P., Bosphore et Constantinople, Paris, 1864, p. 233—242.
Чупин Н. (1), Географический словарь Пермской губ., I, 1873, стр. 99—198.
Чупин Н. (2), Горн. журн., 1873, II, стр. 93.
Чупин П., Пермский край, I, Пермь, 1892, стр. 112.
Чураков А., Тр. Геол. ком., **145**, 1916, стр. 20.

Шамиссо, в кн.: Коцебу. Путешествие в Южном океане и в Беринговом проливе, III, СПб., 1823, стр. 350.

Шангин А., Описание Колывано-Воскресенских рудников, М., 1808, стр. 13—79.
Шапова л, Материалы к познанию русск. рыбов., 4, 5, 1915, стр. 74.
Шведов Ф., Журн. Физ.-хим. общ., 1880—1881.
Шевяков Л., Бюлл. научн. отд. при технич. отд. Промбюро, Харьков, 1920, № 1, стр. 21—22.
Шенберг Г., Изв. Русск. астрон. общ., 12, 1906, стр. 226.
Шене Э., К вопросу о нахождении в атмосферном воздухе озона и перекиси водорода, М., 1877, стр. 43.
Шене Э., Журн. Физ.-хим. общ., 12, 1880, стр. 14; 16, 1884, стр. 250—251; 26, 2, 1894, стр. 2—3.
Широкшин, Горн. журн., 1835, I, стр. 423.
Широкшин и Гурьев, Горн. журн., 1831, III, стр. 17—32.
Шкляревский А., Bull. Soc. Nat. Moscou (Бюлл. Моск. общ. испыт. природы), 1902, стр. 477.
[Шмальгаузен И.] Schmalhausen J., Mém. Acad. Sci. SPb., 1869, p. 97.
[Шмидт К.] Schmidt C., Bull. Acad. Sci. SPb., 1866, 9, p. 315.
Шмидт П., Камчатская эксп. Рябушинского, зоолог. отд., М., 1916, стр. 213.
Шмидт Ф., Вестн. Геогр. общ., 28, 1860, стр. 216.
Шмидт Ф., Тр. Сибирской эксп. Геогр. общ., физич. отд., I, СПб., 1868, стр. 14—67.
Шмидт Ф., Зап. СПб. Акад. Наук, 13, 1869, стр. 120.
[Шмидт Ф. Ф. и Полье] Schmidt F. et Polliet, Journ. de St.-Petersbourg, 1829.
Шнейдер В., Платиновое дело в XIX веке, СПб., 1903, стр. 5—9.
Шобер Г., Ежемесячные сочинения, СПб., 1760, II, стр. 406.
[Шобер Г.] Schober H., Sammlung Russisch. Geschichte, VII, SPb., 1762, S. 30.
Шостак М., Изв. Кавказского отд. Геогр. общ., 16, 1903, № 1, стр. 43—49.
Шостковский, Горн журн., 1897, I, стр. 98.
Шперк Ф., Россия Дальнего Востока, СПб., 1885, стр. 142—457.
Штебер Э., Изв. Кавказского отд. Геогр. общ., 16, 1903, № 5, стр. 58.
Штокман А., Гидрохимические исследования Псекупских минеральных вод, СПб., 1885, стр. 49.
Штукенберг А., Материалы геол. России, 13, 1889, стр. 83.
Штукенберг А., Тр. Геол. ком., 4, 1890, № 2, стр. 33.
Штукенберг А., Изв. Геол. ком., 1894, стр. 56.
Штукенберг А., Каталог образцов руд Геол. музея Казанского унив., Казань, 1898, стр. 5—53.
Штукенберг А., Зап. Минер. общ., 40, 1902, прот., стр. 44.

Штурм А., Главные основания минералогии, СПб., 1837, стр. 47.
Щеглов Н., О драгоценных камнях, СПб., 1824, стр. 57.
Щеглов Н., Указатель открытий по физике, IV, СПб., 1827, стр. 513—514; VI, 1829, стр. 757.
Щукин Н., Журн. Мин. внутр. дел, 28, 1858, отд. III, стр. 2.
Щуровский Г., Уральский хребет, М., 1841, стр. 250—367.
Щуровский Г., Путешествие по Алтаю, М., 1846, стр. 156—358.
Щуровский Г., Минералогический кабинет Московского университета, М., 1858, стр. 143.

Эдельштейн Я., Изв. Общ. горн. инж., 1900, № 4, стр. 17.
Эдельштейн Я., Геол. исследования в золотоносн. обл. Сибири, Енисейский район, VII, СПб., 1909, стр. 25—87; XIII, 1915, стр. 54—96.
Эдельштейн Я., Отчет Геол. ком. за 1915 г., 1916, стр. 154—157.
Эдельштен Я. (1), Отчет Геол. ком. за 1916 г., 1917, стр. 196—220.
Эдельштейн Я. (2), Ест.-произв. силы России, IV, вып. 7, 1917, стр. 133—155.
Эдельштейн, Природа, 1922, стр. 85.
[Эйхвальд Э.] Eichwald E., Naturhistorische Skizze v. Lithauen, Wolhyn u. Podolien, Wilna, 1830, S. 7.
[Эйхвальд Э.] Eichwald E., Alte Geographie d. Kaspischen Meeres, B., 1838, S. 264.
Эйхвальд Э., Ориктогнозия, СПб., 1844, стр. 104—359.
Эйхвальд Э., Библиотека для чтения, 70, СПб., 1845, отд. III, стр. 49—50.
[Эйхвальд] Eichwald E., Archiv wissenchaftlichen Kunde Russlands, V, B., 1847, S. 183—184.
Эйхвальд Э., О чудских копях, СПб., 1854, стр. 20.
Эйхвальд Э., Военно-медицинский журн., 77, 1860, стр. 178—224.
Эйхвальд Э., Горн. журн., 1864, III, стр. 122.
Эйхфельд, Горн. журн., 1827, № 7, стр. 60.

Энгельгардт М., О свойствах гор на берегах Берингова пролива, в кн.: Коцебу. Путешествие в Южный океан и Берингов пролив. СПб., 1823, стр. 391—399.
[Энгельгардт М.] Engelhardt M., Die Lagerstätte d. Goldes u. Platina im Uralgebirge, Riga 1828, S. 30—43 (русский перевод — Горн. журн., 1829), III, стр. 70—71).
Энгельгардт М. (1), Горн. журн., 1829, II, стр. 335—342.
Энгельгардт М. (2), Горн. журн., 1829, III, стр. 70—71.
Энгельгардт М., Горн. журн., 1831, II, стр. 368—380.
Энгельман, Горн. журн., 1838, II, стр. 384.
Эргарт А., Естественный горючий газ в Темрюке, Ставрополь, 1916, стр. 1.
Эрдман Ф., Казанские известия, 1812, № 18.
[Эрдман Ф.] Erdmann J. F., Beiträge z. Kenntnis Russischen Reiches, II, 2, 1826, S. 125

Юшкин Е., Горные богатства Кубанской обл., Екатеринодар, 1909.

Яворовский П., Горн. журн., 1894, I, стр. 145; 1896, I, стр. 371—385.
Яворовский П., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., VII, СПб., 1898, стр. 50.
Яворовский П. (1) Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, I, СПб., 1900, стр. 17—34.
Яворовский П. (2), Зап. Минер. общ., **38**, 1900, стр. 288—387.
Яворовский П., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Амурско-Приморский район, II, СПб., 1901, стр. 15—16; III, 1902, стр. 87—116.
Яворовский П. (1), То же, IV, 1904, стр. 33—42.
Яворовский П. (2), То же, V, 1904, стр. 42—65.
Яворовский П. и Анерт Э., Тр. II Всеросс. съезда деят. практ. геологии, I, СПб., 1913, стр. 117—130.
Яковлев С., Тр. Геол. части Кабинета, **8**, 1908, стр. 169.
Янишевский М., Изв. Геол. ком., **32**, 1913, стр. 756.
Янковский М., Изв. Вост.-Сиб. отд. Геогр. общ., 1881, **12**, № 2—3, стр. 83.
Янчевский А., Поверхность и недра, **1**, 1916, стр. 118.
Ярков В., Уральский техник, 1912, № 7—8; 1913, № 9, стр. 12.
Ячевский Л., Зап. Минер. общ., **24**, 1888.
Ячевский Л., Материалы геол. России, **13**, 1889, стр. 210.
Ячевский Л., Горн. журн., 1894, I, стр. 137—141.
Ячевский Л., Геол. исслед. по линии Сибирской ж. д., III, СПб., 1896, стр. 12; VII, 1898, стр. 23—28.
Ячевский Л. (1), То же, XI, 1899, стр. 19—46.
Ячевский Л. (2), Зап. Минер. общ., **36**, 1899, прот., стр. 42.
Ячевский Л., Геол. исслед. в золотоносн. обл. Сибири, Енисейский район, I, СПб., 1900, стр. 14—18; IV, 1903, стр. 52—74; V, 1904, стр. 42.
Ячевский Л., О термическом режиме земной поверхности, СПб., 1905, стр. 19—85.
Ячевский Л., Зап. Минер. общ., **45**, 1907, прот., стр. 16.
Ячевский, Геол. исслед. в золотон. обл. Сибири, Енисейский район, VIII, СПб., 1909, стр. 14—70.

«A. R.»— Revue Scient., (5), **7**, 1907, p. 729.
Abel F. A., Journ. Chem. Soc., **1**, 1863, p. 90.
Acchiardi A. d', Mineralogia Toscana, I, Pisa, 1872.
Ackroyd W., Chem. News, **86**, 1902, p. 187.
Adams E. P., Amer. Journ. Sci., (4), **19**, 1905, p. 321—322.
Adams F., Journ. Geol., **20**, 1912, p. 97.
Adelsköld B., Utalanden i malmfrägan, St., 1907.
Adeney W., Scient. Transact. Roy. Dublin Soc., (2), **8**, 1905, p. 168.
Agassiz L. Verhandl. Schweiz. Naturf. Ges. Altd., 1842, S. 89.
Aguiléra J., Catalog sistem. de las esp. miner. de Rep. Mexic., M., 1898 p. 23.
Aguiléra J., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **32**, 1902, p. 517.
Aguillon L., Ann. Mines, (9), **6**, 1894, p. 585.
Aguillon L., Ann. Mines, (9), **13**, 1898, p. 317.
Aguillon L., Ann. Mines, (10), **10**, 1906, p. 399.
Aimé G., Ann. chim. et phys., (3), **7**, 1843, p. 502.
Aimé G., Recherches de phys. gén. sur la Méditerranée, P., 1845, p. 106 (Exploration Scient. de l'Alger. Physique).
Albert, Zschr. Forst- u. Yagdwesen, 1910, S. 332.
Allen E. T., Amer. Journ. Sci., **4**, 1897, p. 99.

Allen E. T. Journ. Frankl. Inst., **193**, 1922, p. 30.
Allen E. a. Ziess E., Katmai series, 2, Nation. Geogr. Soc., W., 1923, p. 128.
Alsén N. u. Aminoff G., Geol. Förening i Stokh. Förhand., **44**, 1922, S. 124.
Andrée G., La chimie des sols, 2, P., 1921, p. 125.
Andrée R., Die Metalle bei Naturvölker, Lpz., 1884, S. 55—152.
Andrews M., Phys. Rev., (2), **18**, 1921, p. 245.
Andrews T. (1), Rep. Brit. Assoc. advanc. Sci., **22**, 1852; 1853, p. 34.
Andrews T. (2), Ann. Phys., **88**, 1853, S. 325.
Andrimont De см. D'Andrimont.
Anglada de см. D'Anglada.
Ångström K., Arkiv mat., astr. och fys., I, 1904, S. 395.
Ankermann B., Olshausen u. andere, Zschr. Ethnol., 1904, S. 75, 85.
Andsdell a. Dewar, Proc. Roy. Soc., **40**, 1886, p. 555.
Arago F., Astronomie populaire, IV, 1857, p. 208—212.
Argy et Villain, L'Institut, 1834, № 46, p. 102.
Arnold C. u. Mentzel C., Ber. Deutsch. chem. Ges., **35**, 1902, S. 1324, 2902.
Arnold R a. Anderson R., Journ. Geol., **15**, 1907, p. 751.
Arrhenius S., Lehrbuch d. Kosmischen Physik, II, Lpz., 1903, S. 475.
Arrhenius S., Världarnas Utveckling, 5 Uppl., St., 1907, S. 88—177.
Arsem, Transact. Amer. Electrochem. Soc., **28**, 1911, p. 105.
Aschan O., Zschr. prakt. Geol., **15**, 1907, S. 56.
Aschoff K., Die Radiumactivität d. Kreuznachquellen, Kreuznach, 1908, S. 2—3.
Ashburner A., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **14**, 1885.
Assmann R., Intern. Wochenschr. f. Wiss., I, B., 1907, S. 557.
Atherton T. W., Chem. News, **64**, 1891, p. 278.
Atkinson T., Quart. Journ. Geol. Soc., **16**, 1860, p. 241.
Attwood W., Journ. Geol., **14**, 1906, p. 140.
Austen-Roberts W. a. Rose T., Proc. Roy. Soc., **67**, 1901, p. 107—112, **71**, 1903, p. 162.
Autenrieth W., Zschr. physiol. Chem., **22**, 1897, S. 508.

Babu, Ann. Mines, (9), **9**, 1896, p. 329—436.
Baetz W., Zschr. prakt. Geol., 1911, S. 381.
Bahr (1), Journ. prakt. Chem., **54**, 1851, S. 197, 202.
Bahr (2), Oefv. Sv. Vet. Akad. Förh., 1851, № 3.
Baldacci L., Boll. Com. Geol. Ital., **14**, 1883, p. 15.
Baldacci L., Descrizione geol. d. Sicilia, R., 1866 (Memoire Com. Geol.).
Ball S. H. a. Shaler M. K., Econ. Geol., **9**, 1914, p. 665.
Ball V. (1), A manual of the econom. geol. India, I ed., Calc., 1881, p. 175—213.
Ball V. (2), То же, III, Calc., 1881, p. 1—5.
Ball V. (3), The diamonds, coal a. gold of India, L., 1881, p. 1—41.
Baly, Chem. News, **78**, 1898, p. 198.
Baly E. C., Phil. Transact., **202**, 1903, p. 188.
Baly E. C., Astrophys. Journ., **19**, 1904, p. 187.
Bankroft, Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **28**, 1899, p. 91.
Barfoed C., Journ. prakt. Chem., (2), **38**, 1888, S. 452—459.
Bargogli-Petrucci G., Atti Accad. Lincei, **24**, I, 1915, p. 631, 761.
Barrell J., Journ. Geol., 1914—1915, p. 22—23.
Barrell J., The evolution of the Earth, N. H., 1918, p. 41.
Barringer D. M., Proc. Nat. Sci. Philadelphia, **57**, 1906, p. 861—863.
Bary, C. R. Acad. Sci. Paris, **171**, 1920, p. 433.
Bastin E. S., Miner. resources U. S., 1908, Wash., 1909, p. 729—736.
Bastin E. S., Econ. Geol., **7**, 1912, p. 419.
Bauer H. u. Strutt R., Ber. Deutsch. chem. Ges., **47**, 1914, S. 1049.
Bauer M., Edelsteinkunde, 1 Aufl., Lpz., 1896, S. 661; 2 Aufl., Lpz., 1909, S. 142—248.
Bauerman H., Quart. Journ. Geol. Soc., **22**, 1866, p. 451.
Baumert M., Ann. Chem. u. Pharm., **88**, 1853, S. 17.
Baumhauer E. H., Ann. Phys., **65**, 1845, S. 463.
Baumhauer E. H., C. R. Acad. Sci. Paris, **74**, 1872, p. 678.
Baumhauer E. H., Arch. Neerland. Sci. Chim., **16**, Haarl., 1881, p. 91.
Baur E., Wiss. Meeresuntersuch., N. F., **6**, Kiel, 1902, S. 20.
Baur E., Chemische Kosmologie, M., 1903, S. 50.
Baur L., Zschr. prakt. Geol., 1905, S. 70.
Baur E., Sichling K. u. Schenker E., Zschr. anorg. Chem., **92**, 1915, S. 313.
Baux A., Revue archéol., (3), **14**, 1889, p. 279.

Bayeux, C. R. Acad. Sci. Paris, 24.IX. 1919.
Beaumont Elie de J. см. Elie de Beaumont J.
Beck, Ber. Sächs. Ges. Wiss., **59**, 1917.
Beck L., Geschichte d. Eisens, 2 Aufl., I, Braunschw., 1890, S. 28—345.
Beck L., Diergardt, Blanckenhorn u. andere, Mitt. Ges. Gesch. Naturwiss. u. Med., **6**, 1907, S. 362.
Beck R., Zschr. prakt. Geol., 1898, S. 163—164; 1899, S. 417; 1901, S. 391.
Beck R., Lehre v. d. Erzlagerstätten, 2 Aufl., B., 1903, S. 18—638.
Beck R., Zschr. prakt. Geol., 1906, S. 209—332.
Beck R., Ber. Phys.-Math. Klasse Sächs. Ges. Wiss., Lpz., 1907, S. 390—395.
Beck R., Lehre v. d. Erzlagerstätten, 3 Aufl., I. B., 1909, S. 450.
Beck R. u. Luzi W. (1), Ber. Deutsch. chem. Ges., 1891, S. 1884.
Beck R. u. Luzi W. (2), N. Jb. Min., **2**, 1891, S. 28.
Beck W., N. Jb. Min., 1876, S. 163.
Becke F., Denkschr. Math.-Naturw. Klasse Akad. Wiss. Wien, **75**, 1903.
Becke F., C. R. de la IX sess. Congrès Géol. Intern., II, Vienne, 1904, p. 562.
Beckenkampf J., Sitzb. Phys.-med. Ges. Würzburg, 1903, S. 51.
Becker G., Geology of Comstock Lode, Wash., 1882 (Monographs U. S. Geol. Surv., 111).
Becker G., Amer Journ. Sci., **33**, 1887, p. 200.
Becker G., Monographs U.S. Geol. Surv., **13**, 1888, p. 25—437.
Becker G., XVI Rep. U.S. Geol. Surv., III, 1895, p. 250.
Becker G., XVIII Ann. Report U. S. Geol. Surv., III, 1897, p. 1.
Becker G., Amer. Journ. Sci., **5**, 1898, p. 197.
Becker G., Bull. U. S. Geol. Surv., № 401, 1909.
Becker L., N. Jb. Min., 1857, S. 312—699.
Beckman E. H. см. Beekman E. H.
Beckmann E., Sitzb. Preuss. Акad., 1913, S. 886.
Becquerel Edm., Recherches sur les causes d'électricité atmosphérique et terrestre, P., 1859.
Becquerel Edm., C. R. Acad. Sci. Paris, **64**, 1867, p. 923—1213.
Becquerel Henri et Moissan H., C. R. Acad. Sci. Paris, **111**, 1890, p. 669.
Bedson P. u. Shaw S., Chem. News, **72**, 1895, p. 48.
Beekman E. H., Geschiedenis d. system. mineral., Haag, 1906, p. 39—148.
Beetz W., N. Jb. Min., **47**, 1923, S. 379.
Behrens, Mitt. landw. Ges., 1904.
Beijerinck M. W., Cbl. Bacteriol., II Abt., **7**, 1901, S. 561; II Abt., **21**, 1910, S. 30—59.
Beilby G. T., Rep. Brit. Assoc. advanc. Sci. South Africa (1905), L., 1906, p. 354—355.
Bekier E. i Bruner L., Kosmos, **36**, Lw., 1911, p. 753.
Belck W., Zschr. Ethnol., **39**, 1907, S. 334; **40**, 1908, S. 45, 61, 241.
Belon du Mans P., Observations d. plusieurs singularités, P., 1555, p. 45.
Belt T., Mineral veins, L., 1861, p. 10, 15.
Belt T., The naturalist in Nicaragua, 2 ed., L., 1888, p. 96.
Benecke W., Ber. Deutsch. botan. Ges., **25**, 1907, S. 1.
Benecke W. u. Keutner J., Ber. Deutsch. botan. Ges., **11**, 1903.
Benedicks C. (1) Arkiv f. matem., astron. och fys., **6**, № 24, 1910, S. 7.
Benedicks C. (2), Jernkontorets Annaler, **65**, 1910, S. 518.
Benedicks C., C. R. de la XI sess. Congrès Géol. Intern. St., 1912, p. 885.
Benedickt F. C., The composition of atmosphere, Wash., 1912, p. 4,67.
Benndorf H. Mitt. Geol. Ges., Wien, **1**, 1908, S. 322.
Bergeat A., N. Jb. Min., BB. **28**, 1909, S. 482.
Bergt W. вкн.: Reiss u. Stübel, Reisen in Südamerica. Geol. Stud. in Columbien, 1899, S. 117 (bearb. v. Bergt W. u. Küch R.).
Berthelot D., De l'allotropie des corps simples, P., 1894, p. 44, 78.
Berthelot D. et Gaudchon H., C. R. Acad. Sci. Paris, **60**, 1910, p. 1172.
Berthelot M., Ann. chim. et phys., (4), **19**, 1870, p. 392, 417.
Berthelot M. (1), Ann. chim. et. phys., (5), **10**, 1877, p. 70.
Berthelot M. (2), Bull. Soc. chim. Paris, **27**, 1877, p. 338.
Berthelot M., C. R. Acad. Sci. Paris, **91**, 1880, p. 871.
Berthelot M., Ann. Chim. et phys., (7), **13**, 1898, p. 776.
Berthelot M. (1), C. R. Acad. Sci. Paris, **130**, 1900, p. 1345.
Berthelot M. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, **131**, 1900, p. 772, 799.
Berthelot M., Ann. chim. et phys., (7), **22**, 1901, p. 320.
Berthelot M. (1), Archéologie et histoire des sciences, P., 1906, p. 8—125.

Berthelot M.(2), C. R. Acad. Sci. Paris, **143**, 1906, p. 477.
Berthier P., Ann. Mines., **11**, 1825, p. 72.
Berthollet C. et Pelletier, Ann. chimie, **14**, 1792, p. 20—26.
Berzelius J., Försök att genom användet af de electrochem. theorien... grundlägga ett rent vetenskapligt system f. Mineral., St., 1814.
Berzelius J., Neues System d. Mineralogie, übers. v. Gmelin u. Pfaff, Nürnb., 1816.
Berzelius J., Ann. Phys., **13**, 1828, S. 468—564.
Berzelius J. (1), Ann. Phys., **15**, 1829, S. 209.
Berzelius J. (2) Jahresber. Fortschr. physik. Wiss. (übers. F. Wöhler), 8, 1829, S. 207.
Berzelius J. (1) Ann. Phys., (2), **2**, 1834, S. 232—237.
Berzelius J. (2), Jahresber. f. Chem. (übers. F. Wöhler), 1834, S. 184.
Berzelius J., Jahresber. Fortschr. physik. Wiss. (übers. F. Wöhler), **14**, 1835, S. 178; **15**, 1836, S. 205—214.
Berzelius J., Lehrbuch d. Chemie, 5 Aufl., I, 1843, Dr. u. Lpz., S. 368; II, 1844, S. 421—550.
Berzelius J., Neues chem. Mineralsystem (her. v. Rammelsberg C.), Nürnb., 1847, S. 167
Bess G. Kupfererzen in Fergan'schen Bezirk, SPb., 1907.
Bibra, Journ. prakt. Chem., **96**, 1865, S. 205.
Bichowsky F. R., Journ. Wash. Acad. Sci., **9**, 1919, p. 128—129.
Biddle H. Amer. Chem. Journ., **26**, 1901, p. 378.
Biedermann A., Die Statistik d. Edelmetalle, 1904, S. 39.
Billows E., Rivista di miner., **38**, Pad., 1909, p. 91.
Biltz H., Ber. Deutsch. chem. Ges., **35**, 1902, S. 563.
Birge E. A. a. Juday C., The inland lakes of Wisconsin. The dissolved gases of the water, Wisconsin Geol. a. Nat. Hist. Surv., **22**, Mad., 1911, p. 25—96.
Bischof C. G., Ann. Phys., **3**, 1825, p. 195.
Bischof C. G., Lehrbuch d. chem. u. physikal. Geologie, Bonn, 1847—1855; II, 1854, S. 2072—2074.
Bischof C. G., Lehrbuch d. chem. u. physikal. Geologie, 2 Aufl., Bonn, 1863—1866; I, 1863, S. 183—847; III, 1866, S. 379—864.
Blake G. a. Smith G. H., Min. Mag., **16**, 1913, p. 314.
Blanc G. A., Jb. Radioact., VI, 1910, S. 502—530.
Blanckenhorn M., Entstehung u. Geschichte d. Todten Meeres, Lpz., 1896, S. 47.
Blanckenhorn M., Zschr. Ethnol., **39**, 1907, S. 366.
Blau O., Zschr. Morgenländ. Ges., **25**, 1871, S. 332, Anm. 2.
Bloch L., Le Radium, **3**, 1906, p. 337.
Blum J. R., Die Pseudomorphosen d. Mineralreichs, St.-Heid., 1843—1879.
Blum J. R., Die Pseudomorphosen d. Mineralreichs. Nachträge: II, Heid., 1852, S. 15; III, Erl., 1863, S. 19; IV, Heid., 1879, S. 170.
Blümner H. Technologie u. Terminologie d. Gewerbe u. Künste bei alt. Griechen u. Römern, IV, Lpz., 1887, S. 12—31.
Bodenbender G., Bel. Acad. Nac. Cienc., **17**, Buen.-Air., 1903, p. 375.
Boecke H., Cbl. Min., 1914, S. 324.
Böggild O., Mineralogia Grönlandica, Kj., 1905, S. 15—23.
Böhm F., Bericht über die Resultate d. bisher zur Erforsch. d. Erdgasvorkommen d. Siebenbürg. Beckens vorgenommen. Untersuch., I, Bud., 1911, S. 26—66.
Boise C., Min. Mag., **12**, 1915.
Bolton A., Catalogue of scientific periodicals, Wash., 1885.
Bolton H., Transact. Geol. Soc. Manchester, **23**, 1895, p. 126.
Boltwood B. a. Rutherford E., Phil. Mag., (6), **22**, 1911, p. 586—603.
Bombicci L., Memorie Accad. Bologna, (5), **4**, 1894.
Bonifacy, Bull. Soc. Antropol. Paris, (5), **8**, 1907, p. 512.
Bonnefoy, Ann. Mines, (7), **5**, 1879, p. 180.
Bonney T., Geol. Mag., **2**, 1895, p. 496; **4**, 1897, p. 497.
Bonney T., Proc. Roy. Soc., **65**, 1899, p. 225; **67**, 1901, p. 475.
Bordas F., C. R. Acad. Sci. Paris, **146**, 1908, p. 898.
Bordeaux A., Ann. Mines, (9), **14**, 1898, p. 98; (10), **2**, 1902, p. 220—546.
Borgström L., Geol. Förening i Stockh. Förhandl., **38**, 1916, S. 99.
Borlase, Phil. Transact., **56**, 1766, p. 35—305; **59**, 1769, p. 47.
Bornemann J. G., Ann. Phys., **88**, 1853, S. 148—154.
Bornemann J. G., C. R. Acad. Sci. Paris, **45**, 1857, p. 181.

Bosset W. H., Journ. Ind. a. Eng. Chem., 4, 1912, p. 164.
Bouchard C., C. R. Acad. Sci. Paris., 121, 1895, p. 392.
Boudet F., Ann. chim. et phys., (4), 2, 1864, p. 238.
Bourcart F. E., Les lacs alpins suisses. Étude physique et chimique, Gen., 1906, p. 35—115.
Bourdariat, Bull. Soc. Géol. Belge, Mémoires, 7, 1893, p. 39.
Bournon De J., Catalogue coll. miner., L., 1813, p.199—460.
Bourset P., De l'iode dans l'organisme, P., 1900, 23—47.
Boussingault J., Ann. chim. et phys., 32, 1826, p. 211; 34, 1827, p. 408; 45, 1830, p. 440.
Boussingault J., Ann. chim., 52, 1833, p. 23.
Boussingault J., C. R. Acad. Sci. Paris, 12, 1841, p. 318; 38, 1851, p. 766; 42, 1856, p. 917.
Boussingault J., Mémoires, V, P., 1903, p. 4—15.
Boussingault J. et Lewy B., Ann. chim. et phys., (3), 37, 1853, p. 11.
Boutan R., Le diamant, P., 1886.
Boutwell J. M., Contributions to Econ. Geol., Wasch., 1903, p. 119.
Bowles G., Introduction à l'histoire naturelle de l'Espagne (trad. par Flavigny), P., 1776, p. 180.
Boyle R., Phil. Transact., 1670, p. 2011—2035.
Bragg W. a. Bragg L., Proc. Roy. Soc., A, 89, 1913, p. 277.
Brand A., Prometheus, 14, 1903, S. 453.
Brandis J., Das Münz-, Mass- u. Gewichtssystem in Vorderasien, B., 1866, S. 163.
Brandt K., Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, N. F., 6, Kiel, 1902, S. 46.
Brandt K., Beihefte z. Botan. Cbl., 16, Jena, 1904, S. 387—401.
Branner J. C., Amer. Journ. Sci., (4), 31, 1911, p. 480.
Branner J. C., Bull. Geol. Soc. Amer., 30, 1919, p. 332.
Braun, Bull. Soc. Géol. France, 12, 1841, p. 171.
Braun J., Handbuch d. anorg. Chem. (her. R. Abegg), III, 3, 1907, S. 265.
Braune H., Revue de métallurgie, Mém., II, 1905, p. 498.
Brauns R., Optische Anomalien, Lpz., 1891, S. 176.
Brauns R., N. Jb. Min., BB. 13, 1899, S. 82.
Brauns R., Das Mineralreich, Str., 1903, S. 71.
Breidenbach, Zschr. prakt. Geol., 1893.
Breithaupt J. A., Ann. Phys., 8, 1826, S. 502—503.
Breithaupt J. A., Journ. Chem. u. Phys., 52, 1828, S. 167.
Breithaupt J. A., N. Jb. Chem., 9, 1833, S. 1—6.
Breithaupt J. A., N. Jb. Min., 1835, S. 526
Breithaupt J. A., Handbuch d. Mineralogie, I, Lpz., 1836, S. 324—402.
Breithaupt J. A., Paragenesis d. Mineralien, Freib., 1849, S. 27—258.
Breithaupt J. A., Berg- u. Hüttenm. Ztg., 12, 1853, S. 371; 15, 1856, S. 114; 18, 1859; 25, 1866, S. 169, 368.
Brennerke W., Forschungsreise S. M. S. «Planet», Ozeanographie, B., 1909.
Breukelveen Van M. см. Van Breukelveen M.
Bridgman, Proc., Amer. Acad., 47, 1911, p. 347.
Brioux C. et Guerbet M., C. R. Acad. Sci. Paris, 156, 1913, p. 1479.
Brochet A., C. R. Acad. Sci. Paris., 150, 1910, p. 145.
Brodie B. C., Ann. Chem. u. Pharm., 114, 1860, S. 6.
Brokaw A., Journ. Geol., 18, 1910, p. 321.
Broniewski V., C. R. Acad. Sci. Paris, 156, 1913, p. 699.
Broniewski et Hackspill, C. R. Acad. Sci. Paris, 153, 1911, p. 816.
Brönsted J. u. Wesenberg Lund C., Intern. Revue f. Hydrob., 4, 1912, S. 444, 447.
Brouwer H., C. R. Acad. Sci. Paris, 171, 1920, p. 402—420.
Brouwer H., Kg. Vet. Akad. te Amsterdam, 29, 1921, p. 1005.
Brown G., Amer. Journ. Sci., 42, 1916, p. 132.
Brown P. u. Kellogg E., Cbl. Bacteriol., (2), 43, 1915, S. 552.
Browne R., Eng. a. Min. Journ., 59, 1895, p. 100.
Brownrigg W., Phil. Transact., 46, (1750), 1752.
Brugsch-Bey H., Geschichte Egypt., I, Lpz., 1877, S. 22.
Brugsch-Bey H., Die Aegyptologie, Lpz., 1891, S. 400.
Brun A., Arch. sci. phys., 1905, mai—juin, p. 13.
Brun A. (1), Arch. sci. phys., 27, 1909, p. 113.
Brun A. (2), Arch. sci. phys. (4), 28, 1909, p. 54.
Brun A., Recherches sur l'exalaison volcanique, Gen., 1911, p. 54—263.
Bruni G., Feste Lösungen u. Isomorphismus, Lpz., 1908, S. 79—124.

Brunswig H., Fortschr. d. naturw. Forsch., I, B.—W., 1910, S. 18.
Brzesina A., Jb. Geol. Reichsanst., 35, 1885, S. 20—203.
Brzesina A., Ann. d. Hofmus., I, Wien, 1886, S. 137.
Brzesina A. u. Cohen E., Die Structur u. Zusammensetzung d. Meteoreisens, IV—V, St., 1905.
Bubanek J. E., Phys. Zschr., 6, 1905, S. 436.
Buchanan J., Proc. Roy. Soc. Edinburg, 18, 1891, p. 17—30.
Büchner E., Proc. Roy. Soc., A, 78, 1906, p. 385.
Buffon G. (1), Histoire naturelle de minéralogie, IV, 1790, p. 218.
Buffon G. (2), Histoire naturelle de minéralogie, V, 1790, p. 170—235.
Bumstead H. C., Amer. Journ. Sci., 18, 1904, p. 1.
Bunsen R., Ann. Chem. u. Pharm., 62, 1847, S. 8.
Bunsen R. (1), Ann. Phys., 83, 1851, S. 245—258.
Bunsen R. (2), Ann. Phys., 84, 1851, S. 251.
Bunsen R., Gasometr. Methoden, 2. Aufl., Braunschw., 1877, S. 78—79.
Bunsen R. (1), Gesamm. Abhandlungen, I, Lpz., 1904, S. 191.
Bunsen R. (2), Gesamm. Abhandlungen, II, Lpz., 1904, S. 135—146.
Burgess G. a. Growe J., Bull. Bureau Stand., 10, 1913, p. 315.
Burkart H. J., N. Jb. Min., 1866, S. 402—409.
Burrows A. G., Guide book of XII Geol. Intern. Congr., № 7, Toronto, 1913, p. 126.
Burton, Explorations of the Highlands of Brazil, 1869.
Burton E. F., Phys. Zschr., 5, 1904, S. 511.
Bury J. B., Classical Review, 11, 1897, p. 277.
Busz K., Zschr. Kryst., 15, 1888, S. 616.
Bütschli, Zschr. Kryst., 31, 1899, S. 279.
Buttgenbach H. (1), Ann. Soc. Géol. Belge, 32, 1904, Mém., p. 14.
Buttgenbach H. (2), Bull. Soc. Géol. Belge, 18, 1904, p. 184.
Buttgenbach H., Description des minéraux de Congo Belge, Br., 1910, p. 11 (Ann. Mus. Congo).
Butureanu V., Bul. Soc. Sci. fèr., 4, B., 1895, p. 15—158

Cady H. P. a. Mac Farland D. F. (1), Journ. Amer. Chem. Soc., 29, 1907, p. 1523.
Cady H. P. a. Mac Farland D. F. (2), Transact. Kansas Acad. Sci., 20, 2, 1907, p. 80.
Cady H. P. a. Mac Farland D. F. Transact. Kansas Acad. Sci., 21, 1908, p. 64.
Cailletet et Leduc, C. R. Acad. Sci. Paris, 123, 1896, p. 696.
Calderon S., Bull. Soc. Géol. France, (3), 17, 1889, p. 107.
Calderon S. u. Tenne, Die Minerallagerstätten d. Iberischen Halbinsels, B., 1902, S. 3—14.
Camerlander, Jb. Geol. Reichsanst., 38, 1888, S. 294.
Campbell N. R., Jb. Radioact. u. Elektronik, 2, 1906, S. 434—459.
Campbell W., Journ. Frankl. Inst., 154, 1902, p. 131.
Campbell W., Die Metallurgie, IV, Halle, 1907, S. 828.
Campbell W., Public. Astron. Soc. Pacific, Apr., 1920, p. 126.
Camsell C., Econ. Geol., 6, 1911, p. 604.
Camsell C., Géologie et gisements minéraux du district de Tulameen, Ott., 1916, p. 154.
Card G. W., Records Geol. Surv. N. S. Wales, 4, 1895, p. 131; 7, 1902, p. 29.
Carlson T., Journ. Amer. Chem. Soc., 33, 1911, p. 1031.
Carnelley T., Journ. Chem. Soc., 30, 1876, p. 1.
Carnelley T. (1), Ber. Deutsch. Chem. Ges., 1884, S. 2289.
Carnelley T. (2), Phil. Mag., 18, 1884, p. 197.
Carnot A. (1), Ann. chim. et phys., (5), 3, 1874, p. 463.
Carnot A. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, 129, 1874, p. 477.
Carnot A. (3), C. R. Acad. Sci. Paris, 128, 1874, p. 171.
Caron, Zschr. Berg-, Hütt. u. Sal., 28, 1880, S. 105.
Carosi J., Reisen durch verschiedene poln. Provinzen, I, L., 1781, S. 21.
Cartailhac E., Revue d'Antropol., 4, 1889, p. 272.
Cartinovis, Opusc. scelti di scienze, Mil., 1760.
Castelnau F. de, Expédition dans l'Amérique du Sud. Histoire du voyage, V P., 1851, p. 436.
Cavel L., C. R. Acad. Sci. Paris, 154, 1912, p. 1811.
Caven R., Friend's textbook of inorganic chemistry, 5, L., 1917, p. 51—56.
Cavendish H., Phil. Transact., 75, 1785, p. 372; 78, 1788, p. 261.
Chamberlin R. T., Gases in rocks (Carnegie Inst.), W., 1908, p. 3—60.
Chamberlin R. T., Bull. U. S. Geol. Surv., № 383, 1909, p. 31—61.

Chamberlin T. C., Geology of Wisconsin Surv. (1873—1877), II, Mad., 1877, p. 210.
Chamberlin T., Yearbook Carnegie Inst., III, Wash., 1904, p. 198.
Chamberlin T. a. Salisburi R. D., Geology, I, N. Y., 1904, p. 364.
Chamberlin T., Reid H., Hagford T. a. Schlesinger F., Proc. Amer. Phil. Soc., 1915, **54**, p. 279 (Smiths. Rep., 1916, p. 225).
Chandra Ray P. см. Ray Chandra P.
Chaper, Bull. Soc. Géol. France, **7**, 1884, p. 47; **19**, 1891, p. 79, 943.
Chapman, Mineralsystems, Lond., 1904.
Chevreul E., C. R. Acad. Sci. Paris., **60**, 1865, p. 497.
Christensen H., Cbl. Bacteriol., II. Abt., **17**, 1907, S. 109—382.
Christensen O., Tidskrift Fys., **10**, 1889, p. 225.
Clarke E. D., Ann. phil., New. Ser., **2**, 1821, p. 417.
Clarke F., Bull. Phil. Soc. Wash., **2**, 1889, p. 131.
Clarke F., Bull. U. S. Geol. Surv., № 78, 1891, p. 34—35; № 148, 1897, p. 13; № 168, 1900, p. 15; № 228, 1904, p. 19.
Clarke F., Proc. Roy. Soc. Edinburg, **27**, 1907, p. 170.
Clarke F., Data of geochemistry, Wash., 1908, p. 49—573.
Clarke F. (1), Data of geochemistry, 2 ed., Wash., 1911, p. 21—725.
Clarke F. (2), Proc. Amer. Phil. Soc., 1911, p. 214.
Claude G., C. R. Acad. Sci. Paris, **148**, 1909, p. 1454—1456; **150**, 1910, p. 1312.
Clement-Mullet, Journ. Asiat., **11**, 1868, p. 132—516.
Cleve P. F., C. R. Acad. Sci. Paris, **120**, 1895, p. 834.
Coates J. E., Proc. Roy Soc., A, **78**, 1907, p. 479.
Cobb Collier, Journ. E. Mitchell Soc., **11**, 1894, p. 30.
Codazzi R. L., Mineralz. y minerales metal. de Colombia, Bog., 1905, p. 33.
Cohen E., N. Jb. Min., 1872, S. 857.
Cohen E., Meteoritenkunde, I, St., 1894, S. 55—295; II, 1903, S.68—256; III, 1905, S. 24—30.
Cohen E. u. Helderman W., Versl. Akad. Wettensch., **22**, 1913, S. 1299.
Cohen E. u. Moesveld A., Chem. Weekblad., **10**, 1913, S. 656.
Cohn F., Beiträge z. Biologie d. Pflanzen, I, Br., 1875.
Cohn G., Die Reichstoffe, Braunschw., 1904, S. 29—200.
Collie, Proc. Roy. Soc., A, **90**, 1914, p. 554.
Collie a. Patterson (1), Transact. Chem. Soc., **103**, 1913, p. 419.
Collie a. Patterson (2), Proc. Chem. Soc., **29**, 1913, p. 257.
Collie, Patterson a. Masson, Proc. Roy. Soc., A, **91**, 1914, p. 30.
Collier Cobb см. Cobb Collier.
Collier P., Amer. Journ. Sci., **16**, 1881, p. 124.
Colony R., Amer. Journ. Sci., (5), **5**, 1923, p. 401.
Comte F., Phys. Zschr., **14**, 1913, S. 74.
Cook, Ann. Rep. State Geol. Surv., N. Jersey, 1874, p. 56.
Cook S. R., Phil. Mag., **9**, 1905, p. 509.
Coomaraswamy A., Quart. Journ. Geol. Soc., **56**, 1900, p. 609.
Corenvirder, Rep. chim. appl., P., 1861, p. 440.
Cornu F. (1), Cbl. Min., 1907, S. 167—168.
Cornu F. (2), Zschr. prakt. Geol., **15**, 1907, S. 321.
Cornu F. (1), Zschr. prakt. Geol., 1909, p. 82.
Cornu F. (2), Zschr. Chem. u. Ind. Kolloide, **4**, 1909, S. 187.
Corstorphine G. S., Proc. Geol. Soc. South Africa, **10**, 1907, p. LX.
Corstorphine G. S., Transact. Geol. Soc. South Africa, **10**, 1908, p. 65.
Cosari, Ann. Sci. Regno Lombardo, 1834.
Costăchescu N., Ann. Sci. Univ. Jassy, **4**, 1906, p. 3—47.
Cotta B., Gangstudien I—IV, Fr., 1850—1862; III, 1860, p. 106—123; IV, 1862.
Cotta B., Berg- u. Hüttenm. Ztg., **29**, 1870, S. 29.
Cotta B., Der Altai, Lpz., 1871.
Cotton A. et Mouton H., Les Ultramicroscopes, P., 1906, p. 70.
Courtis W. M., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **18**, 1890, p. 639.
Couttolenc G., Bull. Soc. Nat. d. Autun, **5**, 1892, p. 127—151.
Credner H., N. Jb. Min., 1869, **1**, S. 1.
Crehore A., Phil. Mag., **30**, 1915, p. 257.
Crémieu V., C. R. Acad. Sci. Paris, **177**, 1923, p. 826.
Cretier H., Natuurk. Tijdschrift Nederl. Indië, **43**, 1884, p. 200.
Cronstedt A., Mineralogie eller Mineral Rikets Upställning, St., 1758 (вышла без имени автора); 2 Aufl., 1781.

Cronstedt A., Versuch einer Mineralogie, I, Lpz., 1780 (предисл. Werner A.).
Crook A. R., Bull. Chicago Acad. Sci., 1902, № 5, p. 20.
Crooke W., Rep. Brit. Assoc. advanc. Sci., 1911, p. 720.
Crookes W., Chem. News, **54**, 1886, p. 155; **71**, 1895; **74**, 1896, p. 39.
Crookes W., Diamonds, Lond., 1909, p. 135.
Cumenge E. et Robillaz F., L'or dans la nature, I, P., 1898, p. 17—40.
Curie M., C. R. Acad. Sci. Paris, **145**, 1907, p. 425.
Curie M., Traité de radioactivité, I, P., 1910, p. 341—380.
Curie P. et Laborde L., C. R. Acad. Sci. Paris, **138**, 1904, p. 115.
Czakó E. (1), Beiträge z. Kenntnis d. natürlichen Gasausströmungen, Karlsr., 1913, S. 41—69.
Czakó E. (2), Zschr. anorg. Chem., **82**, 1913, S. 249.
Czacó E. u. Lauterschläger L., Chem. News, **108**, 1913, p. 16.
Czapek, Biochemie d. Pflanzen, 1, Jena, 1905, S. 424.

Dadourian H. M., Amer. Journ. Sci., **19**, 1905, p. 16; **25**, 1908, p. 335.
Daintrée R., Quart. Journ. Geol. Soc., 1872, p. 315; **34**, 1878, p. 431.
Daly R., Proc. Amer. Acad. Sci., **45**, 1910, p. 209.
Daly R., Igneous rocks, N. Y., 1914, p. 278.
Damour A., в кн.: Castelnau F., Expédition dans l'Amérique du Sud, Histoire du voyage, V, P., 1851, p. 436.
Damour A., C. R. Acad. Sci. Paris, **52**, 1861, p. 689; **84**, 1877, p. 480—481.
Dana E., Zschr. Kryst., **12**, 1887, S. 224—226; 574—578.
Dana E. S., System of mineralogy, 6 ed., N. Y., 1892; I—III, Append., N. Y., 1899—1914, p. 8—29.
Dana J. D., System of mineralogy, N. Y., 1837.
D'Andrimont, Bull. Soc. Géol. Belge, **40**, 1912, p. 100.
D'Anglada, Ann. chim. et phys., **18**, 1821, p. 113.
Danne J. et Crémieu V., C. R. Acad. Sci. Paris, **153**, 1911, p. 870.
Darton N. H., Bull. U. S. Geol. Surv., 1910, № 435, p. 72.
Darwin G., Phil. Transact., 1888.
Daubeny C., Bibliothèque Univers., Gen., 1830.
Daubeny C., The Edinburg New Philos. Journ., **12**, 1832, p. 65.
Daubeny C., Phil. Transact., 1834, p. 9; 1836.
Daubeny C., Encycl. Metrop., Pt. 40.
Daubrée A., Bull. Soc. Géol. France, (2), **3**, 1846, p. 458—480.
Daubrée A., Mémoires présentés par divers savants à l'Acad. Sci. Paris, **17**, 1862, p. 70.
Daubrée A. (1), Bull. Soc. Géol. France, (2), **23**, 1866, p. 392—414.
Daubrée A. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, **62**, 1866, p. 673.
Daubrée A., Aperçu historique sur l'exploitation des métaux dans la Gaule, P., 1868 (Rev. Archéol.), p. 3.
Daubrée A., Journ. Savants, 1870, p. 47.
Daubrée A., C. R. Acad. Sci. Paris, **80**, 1875, p. 527—528; **84**, 1877, p. 483.
Daubrée A., Etudes synth. de géologie expérimentale, P., 1879, p. 517—575.
Daubrée A., Les eaux souterraines aux époques anciennes, P., 1887, p. 3—344.
Daubrée A., Les régions invisibles du globe, P., 1888, p. 189—190.
Daubrée A. (1), Bull. Soc. Géol. France, **19**, 1891, p. 325.
Daubrée A. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, **112**, 1891, p. 131.
Daubrée A., Dictionnaire chimique Wurtz, II, 1, p. 723.
Daubrée A. et Meunier St., C. R. Acad. Sci. Paris, **113**, 1891, p. 172—174.
Davy H., Contr. in phys. a. med. knowl. of bodies, 1799, p. 138.
Dawson J. W., Quart. Journ. Geol. Soc., **26**, 1870, p. 113—115.
Dawson G. M., Rapp. Comiss. Géol. du Canada, 1878, p. 134.
Day A. a. Shepherd E. (1), Bull. Geol. Soc. Amer., **24**, 1913, p. 576.
Day A. a. Shepherd E. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, **157**, 1913, p. 1028.
Day D., Miner. resources U. S., 1905, I, 1906, p. 359—360.
Debierne A., C. R. Acad. Sci. Paris, **141**, 1905, p. 383.
Debray H., Dictionnaire chimique Wurtz, II, 1, p. 723.
Déchalette J., Manuel d'archéologie préhist., I, P., 1908, p. 2.
De Girard J., C. R. Acad. Sci. Paris, **56**, 1863, p. 797—798.
De Heen см. Heen de.
De Launay L. (De Launée), Ann. Mines, (9), **5**, 1894, p. 533.
De Launay L. (1), L'argent, P., 1896, p. 38—39.
De Launay L. (2), Ann. Mines, (9), **9**, 1896.
De Launay L. (1), Ann. Mines, **10**, 1897, p. 224.
De Launay L. (2), Ann. Mines, **12**, 1897, p. 148—223.

De Launay L. (3), C. R. Acad. Sci. Paris, **125**, 1897, p. 336.
De Launay L. (4), Les diamants du Cap, P., 1897, p. 1—98.
De Launay L., Les richesses minérales de l'Afrique, P., 1902, p. 116.
De Launay L., Ann. Mines, (10), 1903, **3**, p. 55—82.
De Launay L., La science géologique, P., 1905, p. 386—387; 621—653.
De Launay L., Revue génér. Sci., P., 1906, p. 506—552.
De Launay L. (1), Formation des gîtes métallifères, 2 ed., P., 1907, p. 69—128.
De Launay L. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, **145**, 1907, p. 1188.
De Launay L. (1), La conquête minérale, P., 1908, p. 70—370.
De Launay L. (2), Revue génér. Sci., **19**, 1908, p. 454.
De Launay L., La géologie et les richesses minérales de l'Asie, P., 1911, p. 15—705.
De Launay L., Gîtes minérales et métallifères, I, P., 1913, p. 319—406.
De Launay L., Revue de deux Mondes, 15.I. 1923, p. 370, 381.
Delebecque A., Les lacs français, P., 1898, p. 217.
Del Mar A., History precious metals, 2 ed., N. Y., 1902, p. 10—202.
Del Rio A. см. Rio A. del.
Demarçay H., Ann. chim. et phys., **55**, 1833, p. 402.
Demaret L., Les. gisements de cuivre de Syr-Darja, P., 1900.
De Mely см. Mely de.
Denny, The Klerksdorp goldfields, L., 1897, p. 65—66.
De Rauw, Mém. Congrès Ing. El. Liège (1922), 1923.
Derby O., Amer. Journ. Sci., (3), **24**, 1882, p. 40—42; (3), **28**, 1884, p. 443.
Derby O., Revista do observatorio, III, Rio Jan., 1888, p. 6.
Derby O., Journ. Geol., **6**, 1898, p. 125—131.
Derby O., Amer. Journ. Sci., (4), **13**, 1902, p. 211.
Derby O., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **33**, 1903, p. 282.
Derby O., Econ. Geol., **1**, 1905, p. 135.
Derby O., Amer. Journ. Sci., **32**, 1911, p. 185.
Des Cloiseaux A., Ann. chim. et phys., **19**, 1847, p. 444.
Des Cloiseaux A., Ann. Mines, (5), **8**, 1855, p. 304.
Des Cloiseaux A., Manuel de minér., II, 1874, p. 17.
Devereux W., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 1882, p. 465.
Devic Marcel, Dictionnaire étymologique des mots français d'origine orientale, P., 1876, p. 70.
Dewar J., Rep. Brit. Assoc. advanc. Sci. (1902), 1903, p. 42.
Dewar J., Ann. chim. et phys., (8), **3**, 1904, p. 5—17.
Dewar J., Proc. Roy. Inst. London, **17**, (1902), 1906, p. 223.
Dewar J., Proc. Roy. Soc. A, **83**, 1910, p. 404.
Dewey F., A preliminary catalogue Nation. Mus. Wash., 1891, p. 15.
Dickson C., Amer. Journ. Sci., (4), **15**, 1903, p. 139.
Dickson C., Journ. Canad. Min. Inst., **8**, 1905, p. 192.
Diday, Ann. Mines, **18**, 1850, p. 539.
Diergart P., Journ. prakt. Chem., N. F., **66**, 1902, S. 340.
Diergart P. (1), Mitt. Ges. f. Gesch. d. Naturwiss. u. Medic., **2**, 1903, S. 156.
Diergart P. (2), Prometheus, **15**, 1903.
Diergart P. (3), Journ. prakt. Chem., N. F., **67**, 1903, S. 326—429.
Diergart P., Philologus, **64**, 1905, S. 150—151.
Diergart P. u. Neumann, Zschr. angew. Chem., **14**, 1901, S. 1297—1299; **15**, 1902;, **16**, 1903.
Diersche M., Jb. geol. Reichsanst., **48**, 1898, S. 274.
Dieseldorf, Zschr. prakt. Geol., 1899, S. 321.
Dietrich, Journ. phys., **18**, 1781, p. 41.
Dittmar W., Challenger Rep. Physics a. Chemistry, L., 1884.
Divers E. a. Shimidzu T., Chem. News, **48**, 1883, p. 284.
Döbereiner J. W., Über chemische Constitution d. Mineralwässer, Jena, 1821, S. **6**.
Döbrich G. u. Reichardt E., Ann. d. Landwirtschaft, **52**, 1868, S. 181—197.
Doelter C., Petrogenesis, Lpz., 1906, S. 6—207.
Doelter C. (1), Handbuch d. Mineralchemie, I, Dr. 1911, S. 31—40.
Doelter C. (2), Min. u. petr. Mitt., 30, 1911, S. 138.
Dolomieu D. de, Mémoires sur les îles Ponces, P., 1788, p. 363.
Domeyko I., Ann. Mines, (4), **9**, 1846, p. 451.
Domeyko I., Mineralojia, Ed. 3, Santjago, 1879, I—III, p. 353—355.
Domeyko I., Mineralojia, Ed. of., II—III, Sant. da Chile, 1897, II, p. XVI—XVII, 196—361; IV, 1900, p. 68—363.
Don J., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **27**, 1898, p. 596—653.

Donath E., Der Graphit, Lpz., 1904, S. 67—76.
Dottin G., Manuel pour servir à l'état de l'antiquité celtique, P., 1906, p. 132—157.
Douglas J., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 29, 1899, p. 518.
Draper D., Transact. Geol. Soc. South Africa, 23, 1921, p. 43.
Drew G. H., Journ. Mar. Biol. Assoc. Unit. Kingd., 9, 1911.
Drew G. H., Carnegie Inst. Publication, № 182, 1914.
Dryander J., Bibliotheca histor. naturalis Banks, IV, L., 1799, p. 23.
Dubois, Ann. Mines, 6, 1854, p. 518.
Dubois E., Min. u. petr. Mitt., 22, 1903, p. 38.
Dubois de Montpéreux F., Voyage autour du Caucase, III, 1859, p. 331.
Duclos P., La mission lyonnaise d'exploration commerciale en Chine, II, L., 1898, p. 306—307.
Duhem P., La tension de dissociation avant H. Sainte Claire Deville, P., 1899, p. 6.
Dulieux E., Ann. Mines, (10), 17, 1910, p. 335.
Dumas, Bull. Soc. d'Encourag., (2), 11, 1864, p. 129.
Dumas et Boussingault, Ann. chim. et phys., (3), 3, 1841, p. 263.
Dumas et Boussingault, Essai de statique chim., des êtres organ., 3 ed., P., 1844, p. 18.
Duncan C. u. Hoppe-Seyler F., Zschr. physiol. Chem., 17, 1892, S. 148.
Duncker E., Über die Wärme im Innern d. Erde, St., 1896.
Dunn E. J., Proc. Roy. Soc. Victoria, 17, Melb., 1905, p. 343.
Duparc L., Arch. Sci. phys. et natur., (4), 15, 1903, p. 292—387; 1910.
Duparc L., Le platine et les gîtes platin. de l'Oural, Arch. Sci. phys., 31, 1911, p. 5—68.
Duparc L. u. Holtz H. C., Min. u. petr. Mitt., 29, 1910, S. 498.
Duri u. Zuntz, Arch. Anat. u. Physiol., Suppl. Bd., Phys. Abt., 1904, S. 421.
Duri u. Zuntz, Arch. Ges. Physiol., 1906, S. 113—213.
Du Toit A. L., XI Ann. Report Geol. Com. Cape of Good Hope (1906), C.T., 1907, p. 135—169.
Dybowski B., Wysty Komandorskie, L., 1885, p. 8.

Ebelmen J. (1), Chimie, céramique, géologie, I, P., 1861, p. 320.
Ebelmen J. (2), Chimie, céramique, etc., II, P., 1861, p. 49.
Ebermayer E., Die Beschaffenheit d. Waldluft, St., 1885.
Ebermayer E., Forstwirtsch. Cbl., 30, 1886, S. 265.
Ebert H., Kosmos, 16, 1885, S. 455.
Ebert H. u. Ewers P., Phys. Zschr., 4, 1902, S. 165.
Eckert M., Geogr. Zschr., 1913, S. 266.
Eder J. M., Photochemie, 3 Aufl., Halle, 1906, S. 149.
Edgeworth David T. W., Records Geol. Surv. N. S. Wales, 2, 1891, p. 104—107.
Edgeworth David T. W. (1), Chem. News, 96, 1907, p. 146.
Edgeworth David T. W. (2), Rep. Brit. Assoc. advanc. Sci., 1907, p. 562.
[Edwards], Прения по докладу Edwards — Randall — Macivor D.— Geogr. Journ., 27, 1906, p. 336—340.
Egirton, Proc. Roy. Soc., A, 91, 1915, p. 180.
Ehrenberg, Abhandl. Preuss. Akad. Wiss. (1847), 1849, S. 282—437.
Ehrenberg H., Monatsber. Preuss. Akad. Wiss., 1858, S. 6.
Ehrenberg, Abhandl. Preuss. Akad. Wiss. (1871), 1872, S. 4—148.
Ehrenberg P., Die Bewegung d. Ammoniakstickstoff in d. Natur, B., 1907, S. 141.
Einecke u. Köhler, Die Eisenerze d. Deutschen Reichs, Arch. f. Erzlag., I, B., 1910.
Elie de Beaumont J., Bull. Soc. Géol. France, (2), 4, 1847, p. 1253—1326.
Elster J., Phys. Zschr., 4, 1903, S. 522.
Elster J. u. Geitel, Phys. Zschr., 6, 1905, S. 67.
Elterlein A., E. Suess u. seine Stellung z. Goldfeinheitsfrage, Erl., 1898, S. 10—39.
Emden R., Die Gaskugeln, Lpz., 1907, S. 353.
Emmons S. F., Contributions to Econ. Geol., (1904), Wash., 1905, p. 23.
Emmons W. H., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 41, 1910, p. 768.
Engel, C. R. Acad. Sci. Paris, 112, 1891, p. 867.
Engler C., Das Erdöl, I, Lpz., 1903, S. 471.
Engler C. u. Sieveking H., Zschr. anorg. Chem., 53, 1907, S. 9—12.
Engler C. u. Weissberg J., Krit. Studien über die Vorgänge d. Autoxydation, Br., 1904, S. 58.

Erdmann E., Ber. Deutsch. chem. Ges., **43**, 1910, S. 777.
Erdmann H. u. Reppert R., Ann. Chem., **361**, 1908, p. 1.
Erdmann O., Journ. prakt. Chem., **97**, 1866, S. 121.
Erman A., Reise um die Erde, I, B., 1833, S. 250—336; II, 1838, S. 139.
Erman A., Arch. wissen. Kunde Russlands, I, B., 1841, S. 314.
Erman A., Reise um die Erde, III, B., 1848, S. 376, 526—527.
Eschwege W. L., Pluto Brasiliensis, 1833, S. 354—583.
Estreicher T., Zschr. phys. Chem., **31**, 1899, S. 176.
Etard, Traité de chimie (publié par H. Moissan), V, P., 1906, p. 647.
Evans N. N., Amer. Journ. Sci., (4), **15**, 1903, p. 92.
Eve A. S., Phil. Mag., (6), **10**, 1905, p. 99.
Eve A. S., Phys. Zschr., **8**, 1907, S. 286—289.
Eve A. S., Phil. Mag., (6), **16**, 1908, p. 622; (6), **18**, 1909, p. 102—107.
Eve A. S. a. Mac Intosh D., Phil. Mag., (6), **14**, 1907, p. 231.
Ewald P., Sitzb. Bayer. Akad., 1914, S. 325.
Ewing A., Proc. Roy. Soc., **100**, 1922.

Faber E., Zschr. Vereins deutsch. Ingen., **37**, 1893, S. 393.
Fabry et Buisson, Journ. phys., 1921, № 7.
Fairbanks, Amer. Geol., **7**, 1891, p. 209.
Fairchild H. L., Bull. Geol. Soc. Amer., **18**, 1907, p. 493.
Farquharson T., Transact. N. Zeal. Inst., 1910, **43**, 1911, p. 451—471.
Farrington O., Publ. Field Columb. Museum, Geol. Ser., **3**, Ch., 1907, p. 57—110.
Farrington O., The Meteorites, Ch., 1915.
Faulhaber, Die ehemalige schlesische Goldproduktion, Br., 1896.
Feilitzen, Fühlings Landw. Ztg., 1910.
Fellenberg E., Cotta's Gangstudien, IV, 1860, S. 174—178.
Ferber J., Anmerkungen z. phys. Beschreibung v. Kurland, Riga, 1784, S. 298.
Ferguson W., Proc. Roy. Soc. Victoria, **12**, 1900, p. 120.
Fernekes G., Econ. Geol., **2**, 1907, p. 580.
Ferrel W., Recent advances in meteorology, Wash., 1886, p. 37.
Field F., Quart. Journ. Chem. Soc., **3**, 1851, p. 29.
Finot E., Ann. chim. et phys., (5), **9**, 1876, p. 135.
Finot L., Les lapidaires indiens, P., 1896, p. XXV.
Fiore de O., Zschr. Vulcanol., **2**, 1915, S. 33—35.
Fircks C. (1), On the occurence of gold in Fin. Lapl., Hels., 1906, p. 26.
Fircks C. (2), Bull. Com. Géol. Finlande, № 17, 1906, p. 13—16.
Fischer H., Verhandl. naturhist. Vereins Preuss. Rheinl., **62**, 1906, S. 143.
Fischer u. Brachmer, Phys. Zschr., **6**, 1905.
Flanghaila T. o', For the tongue of the Gael., 2 ed., Dublin, 1907, p. 189.
Flemming, Phys. Zschr., **9**, 1908, S. 801.
Fletcher L., Phil. Mag., **9**, 1880, p. 180—185.
Flink G., Arkiv Kem., Miner., **3**, 1908, S. 9.
Flögel J. H., Zschr. Österr. Ges. Meteorol., **16**, 1881, S. 321.
Flores E., La Gioventu italiana, 1, 1909 или 1910, № 7.
Flourens, Histoire des travaux de Buffon, P., 1860, p. 55.
Foote Rob. Bruce, Records Geol. Surv. India, **22**, 1889, p. 44.
Forchhammer J., Overs Vidensk. Selsk. Förh., 1854, № 1.
Forel F. A., Le Léman, II, P., 1895, p. 617.
Foster M., Lectures on the history of physiol., L., 1901, p. 131—224.
Foullon H., Verhandl. Geol. Reichsanst., 1884, S. 270—275; 1885, S. 146—148; 1887; 1890, S. 318.
Fouqué F., C. R. Acad. Sci. Paris, **61**, 1865, p. 422.
Fouqué F., Santorin et ses éruptions, P., 1879, p. 214—232.
Fouqué F. et Gorceix H., C. R. Acad. Sci. Paris, **69**, 1869, p. 946—947.
Fouqué F. et Michel-Lévy A., Synthèse des minéraux et des roches, P., 1884.
Fourcroy A., Ann. Museum Hist. Nat., **3**, 1804, p. 153—405.
Fournet, De l'influence du mineur sur la marche de la civilisation, Lyon, 1861, p. 89—361.
Fox C. J., Publications de circonstance du Conseil permanent international pour exploration de la mer, Kj., 1907, № 41.
Fox C. J., Erratum to publications de circonstance (Приложение к № 44 этих публикаций), Kj., 1909, № 41.
Fraas, Geschichte d. Landwirtschaft, Prag, 1852, S. 211.
Fraas E., Aus d. Süden, 1886, S. 67.
Francforter G., Chem. News, **79**, 1899, p. 45.

Fränkel S., Die aramaischen Fremdwörter im Arabischen, Leiden, 1886, S. 153.
Frankland F. E., Experimental researches in chemistry, L., 1877, p. 851.
Frech F., Zschr. f. Socialwiss., 7, 1904, S. 487.
Freise F., Erzbergbau, I, 1906, S. 603.
Freise F., Zschr. prakt. Geol., 1907, S. 1—6.
Freise F., Geschichte d. Bergbau u. Hüttentechnik, I, Lpz., 1908.
Freise F., Arch. Gesch. Naturwiss., 2, 1910, S. 428—444.
French A., Chem. News, 104, 1911, p. 283.
Frentzel, Petroleum, B.,1913, S. 3.
Frenzel A., N. Jb. Min., 1874, S. 677.
Frenzel A., Min. petr. Mitt., 1877, S. 300; 1897, S. 529.
Fresenius H. u. Czapski A., Chem. Ztg., 35, 1911, S. 722.
Freundlich H., Zschr. phys. Chem. 44, 1903, S. 129.
Friedel G. et Ribaud G., C. R. Acad. Sci. Paris, 178, 1924, p. 1128.
Friedländer J., Zschr. phys. Chem., 19, 1896, S. 657.
Friedländer J., Sitzb. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbefleisses, B., 1898, S. 46.
Fritsch K., Über Mitwirkung elektr. Ströme bei d. Bildung d. Mineralien, Gött. 1862, S. 34—35.
Fuchs E. et Cumenge E., C. R. Acad. Sci. Paris, 88, 1879, p. 588—589.
Fuchs E. et De Launay L., (1), Traité des gîtes minér. et métallifères, I, P., 1893, p. 16—265.
Fuchs E. et De Launay L. (2), Traité des gîtes minér. et métallifères, II, 1893, p. 759—949.
Fühner, Lithotherapie, B., 1902, S. 76—77.
Fukuchi N., Beiträge z. Miner. Japans, 1907, № 3, S. 128—129.
Futterer K., Africa in seiner Bedeutung z. Goldproduktion, B., 1895, S. 5—164.
Futterer K., Zschr. prakt. Geol., 1897, S. 193.

Garbe K., Die indische Mineralien, ihre Namen, Lpz., 1882, S. 38.
Gascuel L., Ann. Mines, (9), 20, 1901, p. 5—15; (10), 10, 1906, p. 93.
Gaubert P., Bull. Soc. min. France, 28, 1905, p. 157.
Gautier A., C. R. Acad. Sci. Paris, 128, 1899, p. 648; 130, 1900, p. 1684.
Gautier A. (1), Ann. chim. et phys., (7), 22, 1901, p. 8—110.
Gautier A. (2), Bull. Soc. chim. Paris, (3), 25, 1901, p. 232—412.
Gautier A. (3), C. R. Acad. Sci. Paris. 132, 1901, p. 934.
Gautier A. (1), C. R. Acad. Sci. Paris, 136, 1903, p. 17—21.
Gautier A. (2), Procès verbaux Soc. Belge géol., 17, 1903, p. 561.
Gautier A. (3), Bull. Soc. chim. Paris, (3), 29, 1903, p. 108.
Gautier A., Ann. Mines, (10), 9, 1906, p. 332—363.
Gautier A. (1), Bull. Soc. chim. Paris, 1909, p. 977.
Gautier A. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, 148,1909, p. 1712—1713.
Gazert H., Deutsche Sudpolarexpedition, 7, 1909, S. 121.
Geerts A., Transact. Asiat. Soc. Japan, 4, 1876, p. 91.
Gehrke J., Publications de circonstance du Conseil permanent pour l'exploration de la mer, 1910, № 52, p. 28.
Gehrke J., Ann. Hydrogr., 1916, S. 177.
Geiger J., Miner. Collector, 11, 1905, p. 168.
Geiger H. a. Rutherford E., Phil. Mag., (6), 20, 1910, p. 697.
Geiger L. u. Gutenberg B., Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, math.-phys. Klasse, 1912, S. 623.
Geikie A., Textbook of Geology, 4 ed., I, L., 1903, p. 35—93.
Gélis A., C. R. Acad. Sci. Paris, 56, 1863, p. 1015.
Gélis A. et Fordos M., Ann. chim. et phys., (3), 18, 1846, p. 95.
Gemmellaro C., N. Jb. Min., 1834, S. 324; 1835, S. 1.
Genth F., Amer. Journ. Sci., 28, 1859, p. 253—255.
Genth F., Proc. Amer. Philos. Soc., 11, 1871, p. 439—444.
Genth F. A., Miner. North Carolina, 1891, p. 13—21.
Gérardin A., C. R. Acad. Sci. Paris, 75, 1872, p. 1713; 78, 1874, p. 636—1704; 81, 1875, 989—1714.
Gernez, C. R. Acad. Sci. Paris, 98, 1884.
Gesell A., Jb. Ungar. geol. Anst., (1894), 1897, S. 140.
Gibbs W., Amer. Journ. Sci., (2), 31, 1861, p. 64.
Giebe, Übersicht d. Mineralien d. Fichtelgebirges, Cass., 1895, S. 2.
Giemse, Arch. f. Schiffs u. Tropenhygiene, 10, S. 143.
Gilbert G., 14 Annual Rep. U. S. Geol. Surv., I, 1893, p. 187.
Ginth, Journ. Frankl. Inst., (3), 36, 1858, p. 261.

Girard J. De см. De Girard J.
Glaser G., Skizze z. Geschichte d. Geographie Arabiens, II, Lpz., 1890, S. 347—351.
Gledniil T. Univ. Toronto Studies, Geol. Ser., 1921, № 12.
Glocker E., Versuch einer Charakteristik d. schles. mineralog. Literatur bis z. Ende d. XVIII J., Br., 1827; 1800—1832, Br., 1832.
Gmelin J. F., Geschichte d. Chemie, I, Gött., 1797, S. 87—215.
Gmelin-Kraut, Handbuch anorg. Chem., 7 Aufl., 1905, I, S. 30; 1907, III, S. 418.
Gockel A., Arch. sci. phys. et nat., Genève, (4), **27**, 1909, p. 248.
Gockel A., Jb. Radioact., **6**, 1910, S. 507; **9**, 1912, S. 14.
Gockel A. u. Wulf T., Phys. Zschr., **9**, 1908, S. 907—909.
Godon Saint Memin, Journ. phys., **60**, 1805, p. 340.
Goldschmidt V., Index d. Krystallformen, Lpz., 1891.
Goldschmidt V., Kontaktmetamorphose in Kristianiagebiet, Kr., 1911, S. 232.
Goldstein E., Ber. Deutsch. chem. Ges., **36**, 1903, S. 3042.
Goldstein E., Rep. Brit. Assoc. (1914), 1915, p. 252.
Gorceix H., C. R. Acad. Sci. Paris, **105**, 1887, p. 1139.
Goutier A., C. R. Acad. Sci. Paris, **132**, 1901, p. 934.
Gowland W., Chem. News, **68**, 1893, p. 307.
Gowland W., Journ. Anthropol. Inst., **36**, 1906, p. 11.
Gräbner F., Zschr. Ethnol., 1904, S. 52.
Gräf, Forschungsreise d. S. M. S. «Planet», 1906—1907, IV, B., 1909, S. 66.
Gräfenberg L., Zschr. anorg. Chem., **36**, 1903, S. 356—369.
Graham R., Amer. Journ. Sci., **31**, 1911, p. 45.
Graham T., Chem. a. phys. papers, Ed., 1876, p. 282—283.
Graichen W., Zschr. prakt. Geol., 1903, S. 448.
Graichen W., Zschr. Deutch. geol. Ges., **59**, 1907, S. 275.
Gran H., Bergens Mus. Aarbog, 1901, № 10.
Gran H., Havets bacterier og deres stofskifte, Bergen, 1903.
Gray J. A., Proc. Roy. Soc., A, **82**, 1909, p. 301.
Gregory J., Econ. Geol., **4**, 1909, p. 118.
Greiss, Ann. Phys., **98**, 1856, S. 180.
Gripon E., C. R. Acad. Sci. Paris, **56**, 1863, p. 1137.
Gropp, Zschr. Berg-, Hüttenm. u. Salinenwesen Preuss. St., **66**, 1918, S. 238.
Grosse-Bohle H., Mitt. Kgl. Prüfungsanst. Wasserversorg., **7**, 1906, S. 172.
Grosse-Bohle H. u. Steuernagel C., Mitt. Kgl. Prüfungsanst. Wasserversorg., **8**, 1907, S. 83.
Groth P., Mineraliensammlung Univ. Strassburg, Str., 1878, S. 13.
Groth P., Tabellarische Übersicht d. Mineralien, 3 Aufl., Lpz., 1898, S. 1.
Groth P., Tableau des minéraux, Gen., 1904, p. 13.
Groth P., Chemische Krystallographie, I, Lpz., 1906, S. 4—35.
Groth P., Zschr. Kryst., **14**, 1914, S. 70.
Grout F., Econ. Geol., **5**, 1910, p. 471.
Gruithuisen P., Naturwiss. Astron. Jb., **8**, 1845, S. 3.
Grünling F., Zschr. Kryst., **33**, 1900, S. 227.
Gueymard E., Ann. Mines, (4), **16**, 1849, p. 495; (5), **5**, 1853, p. 163—176.
Guignet E. et Ozorio de Almeida G., C. R. Acad. Sci. Paris, **83**, 1876, p. 917.
Guillaume C. E. (1), Arch. Sci. phys., (4), **17**, 1904, p. 23.
Guillaume C. E. (2), Les applications des aciers au nickel, P., 1904, p. 185.
Guillet L. (1), Bull. Soc. d'encourag. de l'industrie nation., **104**, 1903, p. 658—668.
Guillet L. (2), Bull. Soc. d'encourag. de l'industrie nation., **105**, 1903, p. 208.
Guiterman F., Proc. Color. Sci. Soc., **3**, 1890, p. 266.
Gührich, Zschr. prakt. Geol., 1897, S. 146.
Günther S., Geophysik, 2 Aufl., Lpz., 1898.
Gurlt A., Bergbau u. Hüttenkunde, Essen, 1877, S. 168.
Gürtler W., Zschr. anorg. Chemie, **45**, 1905, S. 205; **51**, 1906, S. 427.
Gutberlet W. K., N. Jb. Min., 1857, S. 516—531.
Gutbier A., Gmelin-Kraut's Handbuch anorg. Chem., 7 Aufl., 1910, S. 477.
Gutenberg B., Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, 1914, S. 125.
Guye, Kovacs et Wourtzel, Jour. chim. phys., **10**, 1912, p. 332.
Guyton de Morveau, Ann. chim., **73**, 1810, p. 334.

Haacke R., Journ. Gasbeleucht., 56, 1913, S. 761.
Haas, Aus d. Sturm- u. Drangper. d. Erde, III, B., 1902, S. 211—240.
Hadfield R., Nature, **89**, 1912, p. 360.
Haidinger W., Sitzb. Wien. Akad., 1848, I, S. 624; **35**, 1859, S. 345.
Haidinger W. u. Mohs, Mineralogie, II, 1825, S. 434.

Hall, Zschr. prakt. Geol., 1904, S. 195.
Hall R. N., The African Monthly, 1, Grahamst., 1907, p. 519—647.
Hall R. N., Prehistoric Rhodesia, L., 1909.
Hall A. a. Humphrey W., Transact. Geol. Soc. South Africa, (1908), **11**, 1909, p. 76.
Hallock, Amer. Journ. Sci., **37**, 1889, p. 405.
Hamberg, Zschr. Kryst., **17**, 1888.
Hann J., Handbuch d. Meteorologie, 1901, S. 8.
Hann J., Meteorol. Zschr., **38**, 1903, S. 123.
Hansteen H., Arch. Math. og Naturvid., **22**, Kr., 1900, № 2, S. 64.
Harger H., Transact. Geol. Soc. South Africa, 8. 1906, p. 110—123; **12**, (1909), 1910, p. 139—158; **13**, 1911, p. XLIV; **24**, 1921—1922.
Harger a. Chamberlin, Journ. Geol., **23**, 1915, p. 373.
Harker A., Geol. Mag., (4), **6**, 1899, p. 220.
Harrison A. a. Subramania Aiyer P., Mem. Dep. Agric. India, Chem. Ser., **3**, 1913, p. 15—88.
Harrison A. a. Subramania Aiyer P., Mem. Dep. Agric. India, Chem. Ser., **4**, 1914, p. 14.
Hartley W. N., Proc. Roy. Soc., **68**, 1901, p. 108.
Hartmann, Ann. Phys., **55**, 1842, S. 529.
Hartog V., Econ. Geol., **4**, 1909, p. 450.
Hartt C. F., Geology a physical geography of Brazil, Bost., 1870, p. 448—542.
Hassel a. Mark. Zschr. Phys., **23**, 1924, S. 269.
Hasselhoff E. u. Bredermann G., Landwirt. Jb., **35**, 1906, S. 383—392.
Hasslinger R., Sitzb. Wien. Akad. Wiss., **111**, IIb, 1902, S. 619.
Hasslinger R. u. Wolf J., Sitzb. Wien. Akad., **112**, IIb, 1903, S. 507.
Hastings J. B., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **36**, 1906, p. 647.
Hatch F. H., Quart. Journ. Geol. Soc., **54**, 1898, p. 81.
Hatch F. H., The conglomerates of the Wittwatersrand types of ore deposits, S. Fr., 1911, p. 202.
Hatch a. Chalmers, The Gold Mines of the Range, L., 1895, p. 283.
Hatch F. H. a. Corstorphine G. S., The geology of South Africa, L., 1905, p. 33—147; 2 ed., 1909, p. 270.
Hatle E., Mineralien Steiermarks, Gr., 1885, S. 3.
Hauchecorne, Verhandl. Silbercom. Deutsch. Reichstages, II, B., 1894, № 12, S. 5—49.
Haug E., Traité de géologie, I, P., 1908, p. 329—341.
Haupt T., В кн.: Humboldt. Asie centrale. I, P., 1843, p. 527.
Hausmann J. F., Handbuch d. Mineralogie, I, Göt., 1813, S. 97.
Hautefeuille, C. R. Acad. Sci. Paris, **43**, 1859, p. 106.
Hauy R., Journ. Mines, An. V, 1797, p. 163.
Hauy R., Traité de minéralogie, P., 1801, p. X.
Hauy R., Tableau comparatif des résultats de la cristall. et de l'anal. chim. relat. à la classif. des min., P., 1809.
Hauy R., Traité de minéralogie, 2 ed., I—IV, P., 1822 (Atlas — 1823); III, 1822, p. 236—335.
Hawes G. W., Amer. Journ. Sci., (3), **13**, 1877, p. 33—35.
Haworth E. a. Mac Farland D. F., Science, **21**, 1905, p. 191.
Hayes A. A., Amer. Journ. Sci., **21**, 1856, p. 153.
Hayes C. W., Bull. U. S. Geol. Surv., № 394, 1909.
Hayes C. W. a. Kennedy W., Oilfields of the Texas-Louisiana Gulf Costal Plain, Wash., 1903, p. 150 (Bull. U. S. Geol. Surv., № 212), p. 23—71.
Hayhurst W. a. Pring J. N., Journ. Chem. Soc. Lond., **97**, 1910, p. 868.
Hearne S., Voyage du Fort du Pr. de Galles à l'Océan Nord (перевод с англ.), Hamburg, 1799, p. 159—169.
Heberdey, Sitzb. Wien. Akad., **104**, 1895, S. 264.
Hébert, Traité de chimie minér. (publ. par H. Moissan), I, P., 1904, p. 547.
Heck Van см. Van Heck.
Hector J., Rep. II. Meet. Austral. Assoc. advanc. Sci., Sydn., 1900, p. 274.
Heddle M., Mineralogy of Scotland, I, Ed., 1901, p. 13.
Heen P. De, La matière, sa naissance, sa vie, sa fin, Brux., 1905.
Heider A., Das österr. Sanitätswesen, 5, 1893, Beilage, S. 70.
Heinisch W., Doelter's Handbuch d. Mineralchemie, I, Dr., 1911, S. 64.
Heinze B., Cbl. Bacteriol., **16**, 1906, S. 645; (2), **28**, 1910, S. 538.
Helmhacker R., Miner. Mitt., 1877, S. 1—10.
Helmhacker R., Berg- u. Hüttenm. Ztg., 1891, S. 160—467; **40**, 1892, № 11, S. 96.

Helmhacker R., Zschr. prakt. Geol., 1893, S. 87.
Helmhacker R. (1), Berg- u. Hüttenm. Ztg., 1898, S. 470.
Helmhacker R. (2), Mining a. Scient. Press, San Franc., 1898.
Hempel W., Ber. Deutsch. chem. Ges., 1885, S. 1800.
Hennwood W. (1), Observations on metalliferous deposits, I, Penz., 1871, p. 176.
Hennwood W. (2), Metalliferous deposits, I, Penz., 1871, p. 214.
Henrich F., Zschr. Electroch., **13**, 1907, S. 395.
Henrich F., Ber. Deutsch. chem. Ges., 1908, S. 4202—4206.
Henriet H., Les gaz de l'atmosphère, P., (s. a.), p. 152 (1897).
Henriet H., Revue génér. Sci., P., 1907, p. 187—189.
Henriet H. et Bonyssy M., C. R. Acad. Sci. Paris, **146**, 1908, p. 977—978.
Hergenreder J., Zschr. prakt. Geol., 1909, S. 166.
Herrera A., Notions générales de biologie et plasmogénie (trad. Renaudet), B., 1906, p. 49.
Hess F., Miner. resources U. S., (1910), **I**, 1911, p. 729; (1912), **I**, 1913, p. 11; (1913), **I**, 1914, p. 285.
Hevesy G., Jb. Radioact., **10**, 1913, S. 198—207.
Heyn E., Mitt. techn. Versuchsanst., **18**, 1900, S. 328.
Heyn E., Revue de métallurgie, **3**, 1906, p. 543.
Hill B., Amer. Journ. Sci., (4), **16**, 1903, p. 252.
Hill B., Miner. resources U. S., II, 1908, p. 326—330.
Hillebrand W., Merwin H. a. Wright F., Proc. Amer. Philos. Soc., **53**, 1914, p. 35.
Himstedt F. (1), Ber. naturf. Ges. Freiberg in B., **14**, 1904, S. 181—188.
Himstedt F. (2), Phys. Zschr., **5**, 1904, S. 210.
Himstedt F. u. Meyer G., Ber. naturf. Ges. Freiberg in B., **14**, 1904, S. 222
Hinrichs G., C. R. Acad. Sci. Paris, **131**, 1900, p. 442.
Hintze C., Handbuch d. Mineralogie, I—II, 1898—1904.
Hintze G., Ber. Deutsch. botan. Ges., **21**, 1903, S. 309.
Hintze G., Cbl. Bacteriol., (2), **28**, 1910, S. 538.
Hintze G., Ber. Deutsch. botan. Ges., **31**, 1913, S. 189.
Hise Van см. Van Hise.
Hobbs W. H., Journ. Geol., **7**, 1899, p. 376.
Hobbs W. H., Ann. Report Smithsonian Inst., (1901), 1902, p. 359.
Hobbs W. H., Earth evolution a. its facial expression, N. Y., 1921,
Hoernes R., Mitt. naturw. Ver. Steiermark, Gr. 1900, S. 97.
Höfer F., Histoire de la chimie, I, P., 1842, p. 140; 2 ed., P., 1866, p. 132.
Höfer H., Jb. Geol. Reichsanst., **16**, 1866, S. 18—19.
Hoffmann G. H. C. (1), Liste annotée des minéraux du Canada, Ott., 1890, p. 23.
Hoffmann G. H. C. (2), Proc. a. transact. Roy. Soc. Canada, **8**, 1890, Sect. III, p. 39—40.
Hoffmann G. H. C., Rapport annuaire Commiss. géol. Canada, **5**, 1893, p. 13; **6**, 1896, p. 23—24.
Hoffmann G. H. C., Amer. Journ. Sci. (4), **19**, 1905, p. 319.
Hoffmann G. H. C., Report sect. chem. a. miner. Geol. Surv. Canada, Ott., 1906, p. 13.
Hofmann A. W., Ber. Deutsch. chem. Ges., **23**, 1890, S. 3318.
Hogley C. F., Phil. Mag., **18**, 1909, p. 674—677.
Holmberg H., Verhandl. Miner. Ges. SPb., 1856, S. 61—62.
Holmberg H. (1), Bemerkungen auf eine Reise, Bull. Soc. Nat. Moscou, 1857, p. 45.
Holmberg H. (2), Miner. Wegweiser durch Finland, Hels., 1857, S. 20—61.
Holmes H. N., Amer. Chem. Journ., 1912, p. 497.
Holtz H., La composition des principaux minerais de platine de l'Oural, Gen., 1911.
Holtz H., Ann. chim. et phys., (8), **27**, 1912, p. 559.
Hommel W. (1), Chem. Ztg., 1912, № 95, S. 905.
Hommel W. (2), Eng. a. Min. Journ., 1912, June, p. 1185.
Hommel W. (3), Zschr. angew. Chem., 1912, S. 97.
Hoover, Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **28**, 1899, p. 762.
Hoppe-Seyler F., Über die Einwirkung d. Sauerstoffs auf Gährungen, Str., 1881, S. 25.
Hoppe-Seyler F., Zschr. phys. Chem., **10**, 1886, S. 209.
Hoppe-Seyler F., Schrift. d. Vereins f. Geschichte Bodensees, **24**, 1895, S. 38.
Horner, Verhandl. Batav. Genootsch. Kunst en Wetensch., **17**, 1839 (ref. Ann. Phys., 55, 1842, p. 527).
Hornstein F., Cbl. Min., 1907, S. 276.

Horwood C. B., Transact. Geol. Soc. South Africa, **13**, 1910, p. 65.
Hostmann C., Über Gebrauch d. Eisens in Alt-America, в кн.: Beck. Geschichte d. Eisens, 1890, S. 343.
Houllevigue L., C. R. Acad. Sci. Paris, **135**, 1902, p. 626.
Houllevigue L., Du laboratoire à l'usine, P., 1904, p. 262.
Houzeau A., C. R. Acad. Sci. Paris, **60**, 1865, p. 788; **62**, 1866, p. 426.
Hrabák J., Hornictvi a hutnictvi v Král. Českem, Pr., 1902, p. 5.
Hüfner G., Arch. Physiol. u. Anat., Abt. Physiol., L., 1897, p. 115.
Hull, Phys. Review, **17**, 1921, p. 549.
Humboldt A., Éssai politique sur la Nouvelle Espagne, 2 ed., III, P., 1827, p. 114—448.
Humboldt A., Deutsche Vierteljahrhundert, 1838, H. 4, S. 26.
Humboldt A., Asie centrale, I, P., 1843, p. 389—528.
Humboldt A., Kosmos, V, St. u. Augsb., 1858, S. 259—512.
Humphreys W. J., Bull. Mount. Weather Observ., **2**, 1909, p. 14—66.
Humphreys W., Astrophys. Journ., **32**, 1910, p. 97—110.
Hundeshagen L., Chem. News, **90**, 1904, p. 77.
Hunt T. S. см. Sterry Hunt.
Hussak E., Zschr. prakt. Geol., 1898, S. 348—349.
Hussak E., Sitzb. Wien. Akad., **113**, 1904, S. 384—467.
Hussak E. (1), Zschr. prakt. Geol., **14**, 1906, S. 285—329.
Hussak E. (2), Cbl. Min., 1906, S. 334.
Hutton F. W., Transact. N. Zealand Inst., **3**, 1870, p. 252.
Hutton J., Theory of the Earth, **I**, Ed., 1795, p. 98—311.
Hviid N., Höfer F. u. Engler C., Das Erdöl, I, Lpz., 1913, S. 725.

Ilosvay de Ilosva, Bull. Soc. chim. Paris, (3), **2**, 1889, p. 377.
Irving J. D. (1), Contribution to Econ. Geol., Wash., 1904, p. 132—137.
Irving J. D. (2), Écon. resources Northern Black Hills (Prof. Papers Geol. Surv. U. S. A.), Wash., 1904, p. 98—111.
Irving R. D., Geology of Wisconsin Survey, 1873—1877, II, Mad., 1877, p. 619.
Irving R. D., Monographs U. S. Geol. Surv., **5**, 1883.
Isaak E. u. Tammann G. H., Zschr. anorg. Chem., **55**, 1907, S. 64—71.

Jack R. a. Etheridge, Geology a. paleontol. Queensland, Br., 1892, p. 100—598.
Jacob W., Über Produktion u. Konsumtion edlen Metalle, II, Lpz., 1838, S. 21—152.
Jacobs H. et Chatrian N., Le diamant, P., 1884, p. 160—334.
Jacobsen O., Ann. Chem. u. Pharm., **167**, 1873, S. 1—18.
Jacquelain. Ann. chim. et phys., (3), **20**, 1847, p. 459.
Jacquerod A. et Perrot F. L., C. R. Acad. Sci. Paris, **139**, 1904, p. 789; **144**, 1907, p. 135.
Jacquot E. et Willm, Les eaux minérales de France, P., 1894, p. 45.
Jähns M., Geschichte d. Kriegswesen, Lpz., 1880, S. 511—775.
Jakowicki J. Observacye geogn. w gub. zachodn. i polydn., Wilna, 1831, p. 88—89.
James R., Phil. Mag., **42**, 1921, p. 173.
Jameson R., System of mineralogy, 3 ed., II, Ed., 1820, p. 217.
Jamieson, Report Agric. Res. Assoc. Aberdeen, 1906—1911.
Jamieson G., Zschr. Kryst., **41**, 1905, S. 157—159.
Jaquet J. B., Mem. Geol. Surv. N. S. Wales, 1894, № 5, p. 133.
Jaquet J. B., Records Geol. Surv. N. S. Wales, **5**, 1896, p. 34—55.
Jeans J. H., Bull. Mount. Weather Observ., **2**, 1910, p. 350—353.
Jeans J. S., Eng. Mag., **32**, 1907, p. 946.
Jennecke A., Ion, **1**, 1909, p. 223.
Jenner N., Econ. Geol., **16**, 1921, p. 79.
Jenney W. P., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **33**, 1903, p. 445.
Jensen H., Econ Geol., **17**, 1922, p. 55.
Jernström A. M., Material Finska Lapland Geol., Hels., 1874, p. 4—64.
Jervis G., I tessori sotterranei Ital., II, Tor., 1874, p. 562; III, 1881, p. 227—231.
Jiriček K., Die Handelsstrassen u. Bergwerken in Serbien u. Bosnien in Mittelalter, Pr., 1879.
Jiriček K., Česty po Bulharsku, Pr., 1888, p. 326—393.
Ježek B., Pisecke zlatodely, Z., 1919.
John W., Nature, **83**, 1910, p. 398.
Johnson J. P., Geol. a. archeol. notes on Orangia, L., 1910, p. 26—39.
Johnson P. u. Lampadius W., Journ. prakt. Chem., **11**, 1837, S. 311—319.

Johnson W., South Afric. Journ. Sci., 11, 1915, p. 275.
Johnston R. A., Sum. Report Geol. Surv. branch Dep. Mines, Canada, (1910), 1911, p. 257; (1911), 1912, p. 360.
Johnston R. A., A list Canad. miner. occur., Ott., 1915, p. 42—168.
Johnstone J., The conditions of life in the sea, Cambr., 1908, p. 273—293.
Jolibois P., C. R. Acad. Sci. Paris, 152, 1911, p. 1767.
[Joly J.] (1), Conversazione Roy. Dublin Soc., 3. IX. 1908, D., 1908, p. 9.
Joly J. (2), Phil. Mag., (6), 15, 1908, p. 385.
Joly J. (1), Phil. Mag., 17, 1909, p. 764.
Joly J. (2), Radioactivity a. geology, L., 1909.
Jolyet F. et Regnard P., Arch. physiol., 4, 1877, p. 44.
Jones H. B., Phil. Transact., II, 1851, p. 409.
Jones H., Journ. Chem. Soc., 97, 1910, p. 337.
Jörgensen S. M., Die Entdeckung d. Sauerstoffs, St., 1909.
Jovanovitch D., La Serbie orientale. L'or et le cuivre, P., 1907, p. 7.
Judd, Quart. Journ. Geol. Soc., 46, 1890, p. 632.
Julien A., Econ. Geol., 4, 1909, p. 453.
Jung O., Pfalzische Heimatkunde, 7, 1911.
Junghann O., Berg- u. Hüttenwesen in China, B., 1911, S. 9.
Justus J., Virchow's Arch., 172, 1902, S. 501; 176, 1904, S. 1.

Kaiser E., Cbl. Min., 1909, S. 236.
Kant E., Gesamm. Schriften, I, B., 1902, S. 423—471.
Karmarsch K., Geschichte d. Technologie, M., 1872, S. 276—278.
Karppe, Études sur l'origine et la nature de Zohar, P., 1901, p. 515.
Karsten C. J., Abhandl. Preuss. Akad., 1822—1823, S. 69—70.
Karsten C. J., Arch. Bergbau, 12, 1826, S. 90—92.
Karsten D., Museum Leskeanum, II. Lipsie, 1789, p. 345.
Karsten D., Beobachtungen u. Erläuter. aus d. Naturk. ein. Ges. Naturf., Fr., IV, 1792, S. 398.
Karsten D., Moll's Annal. Berg. u. Hütt., Salz., 1803 (о возрасте металлов).
Karsten G., Wiss. Meeresuntersuch., 1, Kiel, 1896, S. 177.
Kassner C., Meteorolog. Zschr., 12, 1895, S. 379.
Kayser H., Chem. News, 72, 1895, p. 89.
Kayser H., Handbuch d. Spectroscopie, III, Lpz., 1905, S. 361.
Keane A. H., Gold of Ophir, L., 1901.
Keding M., Wiss. Meeresuntersuch., 9, Kiel, 1905, S. 275.
Keferstein, Geschichte u. Litteratur d. Geognosie, Halle, 1840, S. 80.
Kellas A. M., Proc. Roy. Soc., 59, 1895, p. 66—69.
Kellas A. a. Ramsay W., Phil. Transact., A, 59, 1896, p. 69.
Keller E., Sitzb. Wien. Akad., 46, 1915, S. 157.
Keller O., Ann. Mines, (9), 12, 1897, p. 32.
Kelvin, Nature, 56, 1897, p. 461.
Kemp J., Ore deposits U. S., 1895, p. 260—261; 1900, p. 204—369.
Kemp J. (1), Geological relations of platine a. associat. metals, Bull. U. S. Geol. Survey, № 193, Wash., 1902, p. 18—89.
Kemp J. (2), Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 31, 1902, p. 187.
Kemp J., Econ. Geol., 1, 1906, p. 207.
Kenngott G. A. Sitzb. Wien. Akad., 13, 1854, S. 469.
Kenngott G. A., Ubersicht d. Resultate miner. Forschungen, 1856—1858, S. 157.
Kernbaum M. (1), Radium, 6, 1909, p. 227.
Kernbaum M. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, 148, 1909, p. 706.
Kernbaum M. (3), C. R. Acad. Sci. Paris, 149, 1909, p. 116.
Keutner J., Wiss. Meeresuntersuch., 8, Kiel, 1904, S. 27.
Keyes C. R., Econ. Geol., 2, 1907, p. 779.
Keyes C. R. (1), Bull. Amer. Inst. Min. Eng., 1910, № 43, p. 527.
Keyes C. R. (2), Transact. Acad. Sci. Saint Louis, 19, 1910, № 9, p. 131—146.
Kinahan G. A., Proc. Roy. Dublin Soc., 3, 1883, p. 263; 5, 1886, p. 201.
King C. W., The natural history of precious stones, L., 1865, p. 21—32, 417.
Kišpatič, Rude u. Hrvatskoj. Zagr., 1901, p. 13.
Kitchin E. S. a. Winterson W. G., Transact. Chem. Soc., 89, 1906, p. 1570.
Kjellberg B., Några synpunkter i fråga om statens intressen beträffende Norrbottens järnmalmfält, S., 1907, S. 12 (из «Teknisk Tidskrift»).
Klaproth M. H., Beiträge chem. Kenntnis Mineralkörper, I — VI, B. u. Pos., 1795—1815, I, 1795, S. 6—7.
Klason P. och Mellquist H., Arkiv Kemi, 4, 1911, № 18, S. 11.

Klatt V. u. Lenard P., Ann. Phys., (4), 15, 1904, S. 640.
Klein C., Abhandl. Preuss. Akad., 1906, S. 37.
Knauthe K., Biolog. Cbl., 18, 1898, S. 804—805.
Knebel W., Der Vulkanismus, Osterw., 1907, S. 103.
Knoche W., Phys. Zschr., 10, 1909, S. 157; 13, 1912, S. 112—332.
Knop A., N. Jb., Min., 1861, S. 524—542.
Knopf A., Econ. Geol., 5, 1910, p. 250.
Knopf A., Bull. Un. St. Geol. Surv., № 620A, 1915.
Knopf A., Journ. Geol., 24, 1916, p. 630.
Knudsen M., Danish Ingolf-Expedition, I, 2, Hydrogr., Cop., 1899, S. 147.
Knudsen M., Publications de circonst. du Conseil permanent pour l'exploration de la mer, Kj., 1903, № 4—5, p. 4.
Kobell F., Geschichte d. Mineralogie, München, 1864, S. 155—332.
Koch, Handbuch d. techn. Mykol., III, 1903, S. 1.
Koch K., Reise durch Russland, II, St. u. Tüb., 1843, S. 389.
Koene C. W., Conférences publiques sur la création, Br., 1856.
Koenig A., Zschr. Electrochem., 12, 1906, S. 441.
Koenig A. u. Elod E., Phys. Zschr., 14, 1913, S. 165.
Koenig J., Chemie d. menschlichen Nahrungsmittel, II, 4 Aufl., 1904, S. 1378—1431.
Koenigsberger J. N. Jb. Min., 26, 1908, S. 534—546.
Koenigsberger u. Müller, Cbl. Min., 1906, S. 73.
Kofler, Phys. Zschr., 9, 1908, S. 6.
Kohlbaum G., Mitt. Ges., f. Geschichte d. Naturwiss., 3, 1904, S. 76.
Köhler, Phys. Zschr., 15, 1914, S. 27.
Kohlschütter V., Ann. Chem. u. Pharm., 400, 1913, S. 268.
Kohlschütter V., Zschr. anorg. Chem., 105, 1919.
Kohlschütter V. u. Eydmann E. (1), Ann. Chem. u. Pharm., 387, 1912, S. 86.
Kohlschütter V. u. Eydmann E. (2), Ann. Chem. u. Pharm., 390, 1912, S. 340.
Kohlschütter u. Naegeli, Actae chim. Helvet., G., 1921.
Kohlschütter V. u. Vogdt K., Ber. Deutsch. chem. Ges., 38, 1905, S. 1419.
Koifman, Arch. Sci. phys. et nat., 40, 1915, p. 22—34.
Kolbe H., Journ. prakt. Chem., 6, 1873, S. 79.
Kolkwitz R., Ber. Deutsch. botan. Ges., 30, 1912, S. 662.
Kolkwitz u. Ehrlich F., Mitt. Prüfungsanst. f. Wasserversorg., 9, 1907, S. 78.
König A. см. Koenig A.
Königsberger J. см. Koenigsberger J.
Kopp H., Geschichte d. Chemie, III, Br., 1845, S. 188; IV, 1847, S. 110—221.
Kopp J., Leonhardt K. u. Gärtner, Propedeutik der Mineralogie, Fr. a. M., 1817, S. 239.
Koźmiński, Wszechs'wiat, IV, 1885.
Kraatz V., Zschr. prakt. Geol., 1896, S. 185.
Krafft A., Zschr. prakt. Geol., 1899, S. 37—39.
Krafft A., Denkschrift. Wien. Akad., 70, 1901, S. 63.
Krämer G. u. Spilker A., Ber. Deutsch. chem. Ges., 32, 1900, S. 2941.
Kraus u. Hunt, Zschr. Kryst. 42, 1906, S. 5.
Krause, Zschr. prakt. Geol., 1897, S. 41.
Krause J. H., Pyrgoteles, Halle, 1856, S. 10—33, 229.
Kraut K., Zschr. angew. Chem., 19, 1906, S. 1794.
Kreusler U., Landwirtschaftl. Jb., 14, 1885, S. 305—308.
Kreutz F., Anzeiger Akad. Wiss. Krakau, 1890, S. 22—23.
Krogh, The compos. of atmosph., Dansk Vid. Selsk. Meddelelser, Mat. phys. Kl., I, 12, Kj., 1919.
Kronstedt A. см. Cronstedt A.
Krüger F., Nernst Festschrift., 1912, S. 240.
Krull, Zschr. angew. Chem., 19, 1906, S. 821.
Krümmel O., Handbuch d. Oceanographie, I, 1907, S. 8—506.
Kruse W., Allgemeine Mikrobiologie, Lpz., 1910, S. 116, 321—606.
Krusch P., Zschr. prakt. Geol., 1907, S. 132.
Kruyff de E., Cbl. Bacteriol., Abt. II, 26, 1910, S. 54.
Kruyt H. R., Zschr. phys. Chem., 64, 1908, S. 500—550; 67, 1909, S. 321.
Kruyt H. R., Chem. Weekblad., 8, 1911, p. 643.
Kruyt H. R., Zschr. phys. Chem., 81, 1913, S. 726.

Kuhlberg A., Insel Pargas, Arch. Natur. Liv.-Est.-Kurlandes, Dorp., 1867, S. 38—53.
Kuhlmann J., Chemische Zusammensetzung u. biol. Verhalten d. Gewässer, 1911, S. 36—37.
Kuntze O., Phytogeogenesis, L., 1884.
Kunz G. F. u. Washington H. S., Bimonth. Bull. Amer. Inst. Min. Eng., 1908, p. 187.
Kunz J., Zschr. Deutsch. geol. Ges., **60**, 1908, Monatsber., S. 172.

Laborde, Handbuch Radium Biol. u. Therapie, Wiesb., 1913.
Lacroix A., Minéralogie de la France, II, P., 1897, p. 361—425.
Lacroix A., Bull. Soc. min. France, **21**, 1898, p. 21—29.
Lacroix A., C. R. Acad. Sci. Paris, **132**, 1901, p. 181—190.
Lacroix A., Minéralogie du Madagascar, I, II, P., 1921—1922 (I — p. 152—159; II — p. 7—28).
Ladenburg E., Ber. Deutsch. chem. Ges., **31**, 1898, S. 2508.
Ladenburg E., Report Brit. Assoc. advanc. Sci., 1906, L., 1907, p. 505.
Ladrey, Recherches sur relations entre composition chim. et forme crist., 1852, p. 10.
Landeiro C. F. de, Synopsis mineralógica Mexico, 1891, p. 49—366.
Landerer, N. Jb. Min., 1849, S. 432; 1864, S. 46.
Lane A., Report U. S. Geol. Surv. Minnesota, 1903, p. 239.
Lane A., The Keweenaw series of Michigan, I—II, Lanc., 1911 (Michigan Geol. a. Biol. Surv., 6).
Lang V., Phil. Mag., **25**, 1863, p. 435.
Lange H., Studien über d. Zusammens. heliumführ. Mineralien, Halle, 1910, S. 13—24.
Lapham L., Geology of Wisconsin Survey, 1873—1877, II, Madison, 1877, p. 27.
Lapparent A. de, Traité de géologie, 5 ed., P., 1906, p. 417—1826.
Lasaulx A., N. Jb. Min., 1879, S. 503.
Lasaulx A., Zschr. Kryst., **5**, 1880, S. 507.
Lasaulx A., Min. u. petr. Mitt., **3**, 1881, S. 521.
Lasaulx A., Sitzb. niederrhein. Vereins preuss. Rheinl., Bonn, 1882, S. 99.
Laspeyres H., Zschr. Deutsch. geol. Ges., 1875, S. 574—601.
Laugier A. Mémoires Mus. Hist. Nat., III, P., 1817, p. 342; VI, 1820, p. 233.
Laugier A., Ann. chim. et phys., **29**, 1825, p. 294—295.
Laurent, L'or dans les colonies françaises, P., 1902, p. 49.
Leather J., Mem. Dep. Agric. Indie, Chem. ser., **4**, 1915, p. 85.
Lebeau, C. R. Acad. Sci. Paris, **121**, 1895, p. 603.
Lebon G., L'évolution de la matière, P., 1905, p. 142, 314.
Le Chatelier H., Revue de métallurgie, Mém., **2**, P., 1905, p. 504.
Le Chatelier H., Leçons sur le carbone, P., 1908, p. 37—72.
Le Chatelier H., Le grisou, P., Encyclopédie Leauté, p. 8—11.
Le Chatelier H. et Wologdine S., C. R. Acad. Sci. Paris, **146**, 1908, p. 58; **148**, 1909, p. 1715.
Leclère M. A., Étude géol. et min. des provinces chinoises voisines de Tonkin, P., 1902, p. 90—154.
Leduc A., C. R. Acad. Sci. Paris, **123**, 1896, p. 807; **135**, 1902, p. 860—1332; **160**, 1915, p. 711.
Lefort J., Traité de chimie hydrol., 2 ed., P., 1873, p. 356—365.
Legendre R., C. R. Acad. Sci. Paris, **148**, 1909, p. 669.
Lehmann, Abhandl. Metall-Müttern, 1753, S. 158.
Leith C. K., Econ. Geol., **1**, 1906, p. 360.
Lelutyn A., Descr. catalogue of a collect. of econ. miner. of Canada, L., 1886, p. 49.
Lemmermann O., Krit. Studien Denitrifikationsvorg., Jena, 1900.
Lenard P., Ann. Phys., (4), **1**, 1900, p. 503—504.
Lenard P., Über Kathodenstrahlen, Lpz., 1906, S. 29—30.
Lenber V., Econ. Geol., **7**, 1912, p. 744.
Lenz H. O., Mineralogie alten Griechen, Gotha, 1861, S. 53.
Leonhard, Handwörterbuch topogr. Miner., Heid., 1843, S. 39—327.
Leonhard K. C., N. Jb. Min., 1853, S. 275—294.
Lepape A., C. R. Acad. Sci. Paris, **178**, 1924, p. 933.
Leprince Ringuet F., Ann. Mines, (9), **19**, 1901, p. 396.
Lepsius, Abhandl. Preuss. Akad., Hist. phil. Cl., (1871), 1872, S. 31—108.
Lepsius, Ber. Deutsch. chem. Ges., **18**, 1885, S. 2487.

Le Royer A. et Delebecque A. (1), Arch. Sci. phys. et nat., **34**, 1895, p. 74.
Le Royer A. et Delebecque A. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, **120**, 1895, p. 1438.
Lersch B. M., Hydrochemie, B., 1864, S. 43—44.
Lesley J. P. a. Ashburner A. R., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **15**, 1886 (отд. оттиск, стр. 23).
Levat A. (1), L'or en Sibérie Orientale, I, P., 1897, p. 29—153.
Levat A. (2), L'or en Sibérie Orientale, II, P., 1897, p. 65—163.
Levat A., Ann. Mines, (9), **13**, 1898, p. 415—424.
Levat A., Bull. Soc. géol. France, (4), **2**, 1902, p. 439—444.
Levat A., Ann. Mines, (10), **3**, 1903, p. 198—217.
Levat D., Richesses minéraux de Madagascar, P., 1912, p. 3—7.
Levine J., C. R. Acad. Sci. Paris, **176**, 1923, p. 705.
Lévy A. (1), Description d'une collection de M. Heuland, II, 1837, p. 376.
Lévy A. (2), То же, III, p. 308.
Levis Carvill, Geol. Mag., N. S., (3), **4**, 1887, p. 22.
Lewis Carvill, Papers a. notes on origin of diamant, L., 1897,
Lewis W., Phil. Mag., **3**, 1877, p. 456.
Lewy B. C. (1), Ann. chim. et phys., **8**, 1843, p. 438.
Lewy B. C. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, **17**, 1843, p. 235.
Lewy B. C., Ann. chim. et phys., (3), **34**, 1852, p. 6—29.
Lexis W., Handwörterbuch Staatswiss., 2 Aufl., IV, Jena, 1900, S. 748—761; **VI**, 1901, S. 724.
Liebenow, Phys. Zschr., 5, 1904, S. 626.
Lieske R., Ber. Deutsch. botan. Ges., **30**, 1912.
Linck G., Zschr. anorg. Chem., **56**, 1908, S. 393.
Linck G., Kreislaufvorgänge in Erdgesch., J., 1912, S. 26—28.
Lincoln F. C., Econ. Geol., **2**, 1907, p. 258; **6**, 1911, p. 247—275.
Lind S., Monatshefte Chem., **33**, 1912, S. 295.
Lindeman F. a. Dobson G., Proc. Roy. Soc., **102**, 1923, p. 434.
Lindenthal, Beitr. z. Phys., Econ., Miner. d. preuss. u. angr. Länd., III, 1788.
Lindgren W., Amer. Journ. Sci., **44**, 1892, p. 92.
Lindgren W., Bull. Geol. Soc. Amer., **6**, 1895, p. 225—234.
Lindgren W., 17-th Report U. S. Geol. Surv., II, 1896, p. 13—116.
Lindgren W., 22 Ann. Rep. U. S. Geol. Surv., **2**, 1901, p. 637.
Lindgren W., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **33**, 1903, p. 791—804.
Lindgren W., Econ. Geol., **2**, 1907, p. 113.
Lindgren W., Prof. Pap. U. S. Geol. Surv., 1911, № 73.
Lindgren W., Mineral deposits, 1913, p. 208—634.
Lindgren W. a. Graton, Bull. U. S. Geol. Surv., 1906, № 293.
Lindgren W. a. Ransome F. L., Contributions to Econ. Geol., (1904), Wash. 1905, p. 97—98.
Linne B., Gmelin-Kraut's Handbuch anorg. Chem., 7 Aufl., I, 1907, S. 337—857; 8 Aufl., 1926, Lief. 9.
Linné C. (Linnaeus C.), Vollständige Natursystem Mineralreichs, I, Nürn., 1777, S. 85—261.
Lippmann E., Abhandl. u. Vorträge z. Geschichte d. Naturwiss., Lpz., 1906, S. 248.
Litschauer, Berg- u. Hüttenmän. Ztg., 1904, S. 464.
Liveing S. D. a. Dewar J., Proc. Roy. Soc., **67**, 1900, p. 467.
Liveing S. D. a. Dewar J., Ann. chim. et phys., (7), **22**, 1901, p. 482.
Liversidge A., Journ. Roy. Soc. N. S. Wales, **27**, 1893, p. 287—330.
Liversidge A., Chem. News, **70**, 1894, p. 199.
Liversidge A., Journ. Roy. Soc. N. S. Wales, **29**, 1895, p. 336.
Liversidge A. (1), Journ. a. proc. Roy. Soc. N. S. Wales, **31**, 1897, p. 70—76.
Liversidge A. (2), Journ. chem. Soc., **71**, 1897, p. 298.
Liversidge, Journ. a. proc. Roy. Soc. N. S. Wales, **34**, 1900, p. 255—367; **36**, 1903, p. 246—282; **40**, 1906, p. 161.
Livingston D., Explor. dans l'env. d'Afrique Australe, P., 1859, p. 651.
Lloyd S. J., Amer. Journ. Sci., (4), **39**, 1915, p. 580.
Lock A., Gold, L., 1882, p. 746—838.
Lockyer N., The meteoric hypothesis, L., 1890.
Lockyer N. (1), C. R. Acad. Sci. Paris, **120**, 1895, p. 1103.
Lockyer N. (2), Chem. News, **72**, 1895, p. 283.
Lockyer N., Inorganic evolution, L., 1900, p. 73.
Lodin, C. R. Acad. Sci. Paris, **122**, 1896, p. 637—638.

Loewenstein W., Gmelin-Kraut's Handbuch d. Mineralogie, V, 3, Heid., 1914 S. 17—22.
Löhnis, Cbl. Bacteriol., (2), 14, 1905, S. 582, 713.
Loisel P., C. R. Acad. Sci. Paris, 1919.
Lorenzen J., Meddel. om Grönl., 4, 1883, p. 147.
Lorenzen J., Oefvers. Svenska Vetensk. Akad. Handl., 1884, № 5, S. 190.
Lorenzo G. de, Atti Accad. Sci. fis. e mathem., (2), 11, Nap., 1902, № 7.
Loretz H., N. Jb. Min., 18 3, S. 670—673.
Losanitsch S. M. u. Yovitschitsch M. Z., Ber. Deutsch. chem. Ges., 30, 1897, S. 135.
Lotti, Zschr. prakt. Geol., 1899, S. 354—356.
Lotz H., Monatsber. Deutsch. geol. Ges., 1909, S. 135.
Lotz H., Böhm J. u. Weissermel W., Beiträge geol. Erforsch. deutsch. Schutzgeb., 5, 1913
Louis H., Min. Mag., 10, 1893—1894, p. 241—247.
Louis H., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., 24, 1894, p. 105. (Перепечатано: Ore deposits, Ed. Emmons S., N. Y., 1913, p. 103).
Löw O. (1), Ber. Deutsch. chem. Ges., 1881, S. 1145.
Löw O. (2), Correspondenzblatt Miner. Zool. Vereins Regensburg, 35, 1881, S. 49.
Löw O., Arch. Hyg., 12, 1891, p. 261.
Lowell P., The evolution of worlds, N. Y., 1910, p. 231.
Lucas de, Ricerche sperim. s. Solfatare di Pozzuoli, 2 ed., N., 1882.
Lucas R., Gmelin-Kraut's Handbuch anorg. Chem., 7 Aufl., III, 2, 1908, S. 2, 46—49, 1068—1080 (8 Aufl., 1926, Lief. 31).
Ludwig A., Zschr. Electrochem., 8, 1902, S. 273—275.
Ludwig F., Min. u. petr. Mitt., 11, 1891, S. 114.
Ludwig F., Arbeiten Natur. Ver. Riga, 11, 1908, S. 194.
Lummer O., Verflüssigung d. Kohle, Br., 1914.
Lungwitz E., Über region. Veränderung Goldlagerst., Lpz., 1899, S. 23.
Luschin v. Ebengreuth A., Allgemeine Münzkunde, München, 1904, S. 32.
Luzi W. (1), Ber. Deutsch. chem. Ges., 24, 1891, S. 4085—4093.
Luzi W. (2), Zschr. Naturw., 64, 1891, S. 224—259.
Luzi W. (1), Ber. Deutsch. chem. Ges., 1892, S. 216.
Luzi W. (2), Ber. Deutsch. chem. Ges., 1892, S. 2470.

Macagno H., Chem. News, 41, 1880, p. 97.
Mac Casney, Bull. U. S. Geol. Surv., 1908, № 340, p. 36.
Macco A., Zschr. Deutsch. geol. Ges., 59, 1907, S. 76.
Mac Connell R. G., Ann. Report Geol. Surv. Canada, (1900), 14, 1905, Rep. B., p. 62.
Mac Connell R. G., Rep. gold values in Klondyk high level, Geol. Surv. Canada, 1907, p. 979.
Mac Ivor R. W. E., Chem. News, 55, 1887, p. 191; 57, 1888, p. 64; 82, 1900, p. 272.
McKeehan L., Phys. Rev., (2), 20, 1922, p. 424.
Mackintosh Bell I., Econ. Geol. 1, 1906, p. 749—750.
Maclaren M., Gold, L., 1908, p. 42.
Maclaren M.,The persistence of ores in depth, Tor., 1913, (Congrès Géol. du Canada).
Mac Lean H., L'exploitation filonienne au Jukon, Ott., 1915 (Min. des mines).
Mac Lennan J., Nature, 105, 1920, p. 748—779.
Mac Lennan J., Bull. Mines Branch, Dep. of Mines, Ontario, 1919, № 31.
Macmillan Brown J., Maori a. polynesian, L., 1907, p. 44—46.
Mc Neill B., Canad. Min. Journ., 34, 1913, p. 473.
Maey E., Zschr. phys. Chem., 38, 1901, S. 298.
Magli G., Rendic. Soc. chim. Italiana, (2), 5, 1914, p. 420.
Magnus G., Ann. Phys., 92, 1854, S. 658.
Mäkkinen E., Bull. Com. Géol. Finl., № 47, 1916, p. 19.
Makovsky u. Much, Verh. natur. Ver. Brünn, 49, 1906.
Makovsky u. Much, Berg- u. Hüttenm. Rundschau, 4, 1907, S.19.
Mallet J. (1), Mineralogy India, Calc., 1887, p. 4—8. VII.
Mallet J. (2), Proc. Roy. Soc., 42, 1887, p. 1; 47, 1890, p. 277.
Mamelli e Polacci, Atti Ist. Botan., 14, 1911, p. 159.
Manchot W. u. Kampschulte W., Ber. Deutsch. chem. Ges., 40, 1907, S. 2894.
Maravigna C., Memorie di orittognosia Etnea, 1838, p. 112
Marchand R., Journ. prakt. Chem., 43, 1848, S. 317.
Marchand R., C. R. Acad. Sci. Paris, 37, 1853, p. 720—721.
Marès H., Journ. pharm. et chim., (4), 11, 1870, p. 219.

Martel E., Evolution souterraine, P., 1908, p. 255.
Martin K., Zschr. Deutsch. geol. Ges., 30, 1878, S. 522.
Martin K., Zschr. Kryst., 29, 1898, S. 278.
Maskelyne Nevil Story, Nature, 44, 1891, p. 555.
Massol G., C. R. Acad. Sci. Paris, 147, 1908, p. 844; 151, 1910, p. 1125—1126.
Masson, Proc. Chem. Soc., 29, 1913, p. 233.
Masson a. Ramsay W., Journ. Chem. Soc., 101, 1912, p. 1370.
Mather W., Amer. Journ. Sci., 24, 1833, p. 227—234.
Matignon C. et Desplantes G., C. R. Acad. Sci. Paris, 140, 1905, p. 854.
Matthey E., Proc. Roy. Soc., 68, 1901, p. 162.
Maurer E., Mitt. Inst. Eisenforsch., 1, 1920, S. 39.
Maw G., Nature, 35, 1886, p. 325.
Mead W. J., Journ. Geol., 15, 1907, p. 238.
Mehring H., Landw. Versuchstationen, 67, 1907, S. 468—476.
Meldrum R., Chem. News, 78, 1898, p. 209.
Mellor E. T., Bull. Inst. Min. Metall., 13, 1916.
Melville W., Amer. Journ. Sci., 43, 1892, p. 509.
Mély F. de, Les lapidaires de l'Antiquité et du Moyen Age, I, P., 1896, p. 19—159.
Mène C., C. R. Acad. Sci. Paris, 64, 1867, p. 1092.
Menier, Manuel de pulverisation, P., 1877, p. 18.
Mennell F. P., Geol. Mag., (5), 1, 1904, p. 263.
Mennell F. P., Transact. Geol. Soc. South Africa, 8, 1906, p. 82.
Mercalli G., I vulcani attivi d. terra, Mil., 1907, p. 392.
Merensky H. (1), Transact. Geol. Soc. South Africa, 10, 1908, p. 110.
Merensky H. (2), Zschr. prakt. Geol., 1908, S. 157—158.
Merensky H. (1), Transact. Geol. Soc. South Africa, 12, 1909.
Merensky H. (2), Zschr. prakt. Geol., 1909, S. 122.
Merrill G., Amer. Journ. Sci., 1, 1896, p. 309—310.
Merrill G., Report U. S. Nation. Mus., (1899), 1901, p. 169—170.
Merrill G., Non metallic minerals, N. H., 1904, p. 9.
Merrill G., Smithson. miscell. collections, 50, 1908, p. 461.
Merrill G. (1), Report Smithsonian Inst. (1917), Wash., 1919.
Merrill G. (2), Proc. Nation. Acad. Sci., 5, 1919, p. 37.
Merrill G., Public. Astron. Soc. Pacific, 1920, № 189.
Merton, Proc. Roy. Soc., A, 90, 1914, p. 549.
Meunier St., C. R. Acad. Sci. Paris, 88, 1879, p. 924.
Meunier St., Les météorites, P., 1884, p. 103—395.
Meunier St., C. R. de la VII session du Congrès Géol. Intern., SPb., 1899, p. 157.
Meunier St., Géologie comparée, P., 1904.
Meunier St. et Tissandier G., C. R. Acad. Sci. Paris, 86, 1878, p. 450.
Meyer E., Geschichte Alterthums, I, St., 1884, S. 223.
Meyer H., Monatshefte Chem., 35, 1914, S. 163.
Mialock U., Anal. soc. cient. Argent., 79, 1915, p. 267.
Michel-Lévy A. et Fouqué F., Minéralogie micrographique, P., 1879, pl. 36, f. 2.
Miers, Proc. Chem. Soc., 1901, p. 24—25.
Miller W. C. (1), Cobalt-nickel-arsenik a. silverdeposits of Temiskaming, Tor., 1913.
Miller W. C. (2), Guide Book VII Congr. Geol. Intern., VII, Tor., 1913, p. 51—94.
Milne J., Proc. Roy. Soc., 77, 1906, p. 369.
Mingaye J. C., Records Geol. Surv. N. S. Wales, 8, 1905, p. 183.
Minnich C., Zschr. prakt. Geol., 1911, S. 435, 453.
Mitscherlich E., Abhandl. Preuss. Akad., (1823), 1825, S. 46.
Mitscherlich E. A., Bodenkunde, B., 1905, S. 222.
Mitscherlich E. A., Mitt. Geschichte Mediz. u. Naturwiss., 6, 1907, S. 369.
Miyoshi Manebu, Journ. Univ. Tokyo, 10, 1897, p. 140.
Moesta, Über Vorkommen v. Chlor etc. Verbind. Silbers, Marb., 1869.
Mohr F., Ann. Chem., 179, 1875, S. 275.
Mohs F., Null's mineralog. Kabinet, III, Wien, 1805, S. 12.
Mohs F., Leichtfas. Anfangsgründe Naturgesch. d. Mineral., 2 Aufl. (v. Zippe F.), II, W., 1839, p. 484.
Moissan H. (1), C. R. Acad. Sci. Paris, 116, 1893, p. 294—460.
Moissan H. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, 117, 1893, p. 423.
Moissan H., C. R. Acad. Sci. Paris, 119, 1894, p. 976; 120, 1895, p. 17.
Moissan H. (1), Ann. chim. et phys., 1896, 8, p. 308—657.
Moissan H. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, 123, 1896, p. 210—278.
Moissan H., Le four électrique, P., 1897, p. 53—161.

Moissan H., C. R. Acad. Sci. Paris, **135**, 1902, p. 928, 1279, 1337; **137**, 1903, p. 547—605; **138**, 1904, p. 936.
Moissan H., Traité de chimie inorganique, II, P., 1905, p. 194—225.
Moissan H., C. R. Acad. Sci. Paris, **143**, 1906, p. 180.
Moissan H. et Deslandres H., C. R. Acad. Sci. Paris, **126**, 1898, p. 1689.
Molengraaf G. A., Bull. Soc. Géol. France, (4), **1**, 1901, p. 89.
Montelius O., Kulturgeschichte Schwedens, L., 1906, S. 22—116.
Moore B., Biochemistry, 1921, p. 101—124.
Möricke W., Min. u. petr. Mitt., **12**, 1891, S. 191.
Möricke W., Über Gold-, Silber- u. Kupfererzformation Chiles, Fr., 1897, S. 13—37.
Morley, Amer. Journ. Sci., (3), **22**, 1881, p. 417.
Morren A. , Ann. chim. et phys., (3), **1**, 1841, p. 456.
Morren M., Ann. chim. et phys., (4), **21**, 1870, p. 334.
Moss R. J., Scient. Transact. Dublin Roy. Soc., (2), **8**, 1904, p. 154.
Mottura S., Sulla formazione solfif. d. Sicilia, Tor., 1870, (Mem. Carta Geol. Ital., I.)
Mottura S., Mem. Accad. Torino, (2), **25**, 1871, p. 375.
Moulle, Ann. Mines, **7**, 1885, p. 23.
Moulton F. R., Astrophys. Journ., **22**, 1905, p. 165.
Moureu C., C. R. Acad. Sci. Paris, **139**, 1904, p. 854; **142**, 1906, p. 1155.
Moureu C., Revue Scient., 1911, 2 sem., p. 65.
Moureu C., Journ. chim. phys., **11**, 1913, p. 65—145.
Moureu C. et Biquard R., C. R. Acad. Sci. Paris, **143**, 1906, p. 180—797; **146**, 1908, p. 436.
Moureu C. et Lepape A., C. R. Acad. Sci. Paris, **149**, 1909, p. 1174.
Moureu C. et Lepape A. (1), C. R. Acad. Sci. Paris, **152**, 1911, p. 934.
Moureu C. et Lepape A. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, **153**, 1911, p. 742—1044.
Moureu C. et Lepape A., C. R. Acad. Sci. Paris, **155**, 1912, p. 198.
Moureu C. et Lepape A. (1), Ann. Mines, (11), **5**, 1914, p. 406—430.
Moureu C. et Lepape A. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, **158**, 1914, p. 239.
Moureu C. et Lepape A. (3), C. R. Acad. Sci. Paris, **158**, 1914, p. 599.
Moureu C. et Lepape A., C. R. Acad. Sci. Paris, **171**, 1920.
Much M., Die Kupferzeit in Europa, 2 Aufl., Jena, 1893, S. 302—356.
Much M., Die Trugspiegelungen orient. Kultur in vorgesch. Zeitalter, Jena, 1907, S. 116.
Mügge O., N. Jb. Min., 1898, II, S. 152; 1899, II, S. 70.
Muir Patisson M., A history of chem. theories, L., 1909, p. 181.
Müller H., Cotta's Gangstudien, III, 1860, S. 106—123.
Müller H., Freibergs Bergrevier, Lpz., 1891, S. 31.
Müller H., Die Erzgänge Freiberger Bergrevieres, Lpz., 1901, S. 3, 156—169.
Müller W., Ann. Phys., **122**, 1864, S. 144.
Muñoz del Castillo J., Arch. Sci. phys. et nat., (4), **25**, 1908, p. 349.
Münster C. A., Kongsbergs Ertsdistrikt, Chr., 1894, S. 11—80.
Müntz A. et Coudon H., C. R. Acad. Sci. Paris, **116**, 1893, p. 395.
Murray, The Museums, I, Glasgow, 1904, p. 20.
Murray J., Proc. Roy. Soc. Edinburg, **9**, 1878, p. 258.
Murray J., Scottisch Geogr. Mag., **16**, 1900, p. 673.
Murray J., Geogr. Mag., **19**, 1902, p. 700.
Murray J. a. Hjort J., The depths of the Ocean, L., 1912, p. 181—370.
Murray J. a. Irving R., Transact. Roy. Soc. Edinburg, 1893, p. 481.
Murray J. a. Renard A., Report on Deap Sea deposits, L., 1891 (Rep. Scient. results of the voyage of Challenger), S. 327—330.
Muthmann W., Zschr. Kryst., **17**, 1890, S. 336—346.
Mütschler L., Zschr. f. Untersuch. Nahr. u. Genussmittel, **2**, 1899, S. 484.

Nasini R., Atti Accad. Lincei, **13**, 1, 1904, p. 217—368.
Nasini R. e Anderlini F., Gaz. chim. ital., **25**, 2, 1895, p. 508; **28**, 1898, p. 100—110.
Nasini R. e Anderlini F., Atti Accad. Lincei, **13**, 1, 1904, p. 371; **14**, 2, 1905, p. 70.
Nasini R., Anderlini F. e Salvadori R., Mem. Accad. Lincei, (5), II, 1897, p. 388.
Nasini R. Anderlini F. e Salvadori R. (1), Atti Ist. Veneto, 9, 1898, p. 1371.
Nasini R., Anderlini F. e Salvadori R. (2), Gaz. chim. ital., **28**, 1898, p. 110; **30**, 1, 1900, p. 189—190.
Nasini R. e Levi M. (1), Atti Accad. Lincei, (5), **17**, 2, 1908, p. 48, 432—551.
Nasini R. e Levi M. (2), Gaz. chim. ital., **38**, 1, 1908, p. 192.
Nasini R. e Porlezza C., Atti Accad. Lincei, (5), **21**, 1912, p. 740—803.

Nason F., Bull. Amer. Inst. Min. Eng., 1912, № 67, p. 695.
Nathansohn A., Mitt. Zool. Station Neapel, **15**, 1902, S. 655.
Natterer K., Denkschr. Akad. Wiss., Naturwiss. Kl., **60**, 1893 (Ber. Com. Erforsch. Mittelmeer.), S. 70; **61**, 1894, S. 32—33; **65**, 1898, S. 501.
Nauckhoff R., Min. u. petr. Mitt., **5**, 1874, S. 112.
Naumann C., Krystallographie, Lpz., 1830.
Navarro F., Bol. Soc. Espan. Hist. Nat., **4**, 1904, p. 431.
Neogi P., Iron in ancient India, C., 1914 (Bull. Ind. Assoc. adv. Sci., № 12).
Nernst W., Theoretische Chemie, 5 Aufl., St., 1907, S. 18—406.
Neuburg F., Zschr. gesammt. Staatswiss., **56**, 1900, S. 46—334.
Neuburger M., Vorgeschichte d. antitox. Therapie, St., 1901, S. 23—58.
Neuburger M., Zschr. anorg. Chem., **212**, 1933, S. 40—41.
Neumann B., Zschr. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen in Preuss. St., **51**, 1903, S. 977.
Neumann B., Geschichte d. Metalle, Halle, 1904, S. 56—385.
Neumann F., Einleitung in die theor. Physik, Lpz., 1883.
Neumann u. Partsch, Phys. Geographie Griechenland., Lpz., 1885, S. 223.
Newberry, Transact. a. proc. Roy. Soc. Victoria, **9**, 1868, p. 54—59.
Niederle, Slovanské starožitnosti, I, 2, Pr., 1904, p. 262.
Niklewsky B., Jb. wissensch. Botan., **48**, 1910, S. 113.
Nikolau T., Meddel. Grönl., **24**, 1901, p. 230—248.
Nöggerath J., Zschr. Deutsch. geol. Ges., **6**, 1854, S. 674—688.
Nöggerath J., N. Jb. Min., 1861, S. 133.
Nordenskiöld A., Ann. Phys., **96**, 1855, S. 110.
Nordenskiöld A., Beskrifning Finland fun. mineral., 2 up., Hels. 1863, p. 4—5.
Nordenskiöld A. (1), Oefv. Svenska Vetensk. Akad. Handl., **27**, 1870, p. 1058—1069.
Nordenskiöld A. (2), Ann. Phys., **140**, 1870, S. 336.
Nordenskiöld A., Geol. Mag., **9**, 1872.
Nordenskiöld A., C. R. Acad. Sci. Paris, **77**, 1873, p. 187—464.
Nordenskiöld A. (1), C. R. Acad. Sci. Paris, **78**, 1874, p. 237.
Nordenskiöld A. (2), Ann. Phys. u. Chem., **151**, 1874, S. 156.
Nordenskiöld A., Studien u. Forschungen, Lpz. 1885, S. 132—207.
Nordenskiöld A., Grönland, deutsche Ausg., Lpz., 1886, S. 198.
Nordenskiöld A., Meteorol. Zschr., **11**, 1894, S. 215—216.
Nordenskiöld G. (1), Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala, **4**, 1899, p. 29.
Nordenskiöld G. (2), Zschr. prakt. Geol., 1899, S. 81.
[Hupal's A. W.], Nordische Miscellanean, **4**, 1782, S. 282.
Nordström Th., Oefvers. Vetensk. Ak. Förh., **28**, 1871, S. 462.

Ochmichen H., Zschr. prakt. Geol., 1899, S. 271.
Ochsenius C., Zschr. prakt. Geol., 1898, S. 154.
Oebbecke K. u. Schwarz M., Zschr. Metallkunde, **12**, 1920, S. 505.
Oesh, Zschr. Berg-, Hüttenm. u. Salinenwesen in Preuss. St., 1908, № 26.
Ogg A., Zschr. phys. Chem., **27**, 1898, S. 307.
Ogg A., Phil. Mag., **42**, 1921, p. 163.
Ogier J. et Bonjean E., Traité d'hygiène, II, P., 1906, p. 356.
Ohlmüller, Arbeiten K. Gesundheitsamte, **20**, 1904, S. 246—288.
Oinougi J., Journ. Geol., **24**, 1916, p. 806.
Olie J. o. Byl A., Verh. Wis. Nat. Afd. Akad. Wett., **25**, 1917.
Olshausen, Zschr. Ethnol., **37**, 1905, S. 86; **39**, 1907, S. 369.
Oppert G., Zschr. Ethnol., **35**, 1903, S. 219.
Oppert G., Beiträge Geschichte d. Chemie, d. Gedächtn. v. F. W. Kahlbaum, W. u. L., 1909, S. 127—132.
Osann, Ann. Phys. u. Chem., **8**, 1826, S. 505; **11**, 1827, S. 313—318; **13**, 1828, S. 296; **15**, 1829, S. 158.
Osmond F., Ann. Mines, (9), **17**, 1900, p. 110—137.
Osmond F. et Cartaud G., Ann. Mines, (9), **18**, 1900, p. 113.
Osmond F. et Cartaud G., C. R. Acad. Sci. Paris, **137**, 1903, p. 1057.
Osmond F. et Cartaud G. (1), C. R. Acad. Sci. Paris, **142**, 1906, p. 1532.
Osmond F. et Cartaud G. (2), Revue de métallurgie, Mémoires, **3**, P., 1906, p. 490—492.
Ostwald W., Lehrbuch allgem. Chemie, 2 Aufl., Bd. II, Th. III, 2, Lpz., 1906, S. 217.
Owen E. a. Preston G., Proc. Phys. Soc. London, **36**, 1923, p. 49.

Pacini D., Phys. Zschr., **11**, 1910, S. 227.
Page T., Proc. Phys. Soc. London, **24**, 1912, p. 138.

Palmen K., Atlas Finlande, 1911, texte I, № 34—36, p. 27.
Palmer C. a. Bastin E. S., Econ. Geol., 1913.
Palmieri L., Rendiconti Accad. sci. fis. e mat. Napoli, **20**, 1881, p. 233; **1**, 1895.
Pamfil G. et Baume G., Anuaral Inst. Geol. al Românici, **4**, (1910), 1912, p. 497—509.
Panichi U., Solfo di Muthmann ossorvata al Is. di Vulcano Reg. Cal., 1911.
Panichi U., Cbl. Geol., **18**, 1912, S. 253.
Papp K., Zschr. prakt. Geol., 1906, S. 305—311.
Papp C., Földtany Közlöni, **40**, 1910, p. 403—409.
Park J., Transact. a. proc. N. Zeal. Inst., **24**, 1892, p. 384; **35**, 1903, p. 404.
Parravano N. e Cesaris P. de, Gaz. chim. ital., **42**, 1, 1912, p. 341.
Parris I. a. Black E., Proc. Cambr. Phil. Soc., (5), **17**, 1915, p. 353.
Parsons C. L., Notes on mineral wastes, Wash., 1912, p. 10—31 (Bull. Bureau Mines, № 47).
Partsch P., Die Meteoriten, Wien, 1843, S. 144.
Patisson Muir M. см. Muir Patisson.
Pearce R., Proc. Color. Scient. Soc., **2**, Denv.,1885, p. 2—3; **3**, 1889, p. 238—244
Pearce R., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **18**, 1890, p. 451.
Pearson G., Experiments a. observations investigating hem. history of tepid springs of Buxton, I—II, L., 1784.
Peary R. E., Northward over the «Great Ice», II, L, 1898, p. 553—613.
Pechard, Traité chimie inorgan. (publ. par H. Moissan), V, P., 1906, p. 649.
Peligot, Ann. chim. et phys., (3), **51**, 1857, p. 373.
Pelikan, Verhandl. Geol. Reichsanst., Wien, 1894, S. 422.
Pennock I. D., Journ. industr. a. eng. chem., **4**, 1912, p. 172.
Penrose, Journ. Geol., **15**, 1907, p. 735.
Perdrizet P., Klio, **10**, 1910, p. 1.
Pesendorfer F., Chem. Ztg., **29**, 1905, S. 359.
Peters F., Gmelin-Kraut's Handbuch anorg. Chem., 7 Aufl., V, 1908, S. 627; (8 Aufl., 1926, Lief. 60).
Peters K., Im Goldlande d. Alterthums, München, 1902.
Petrie Flinders, Ancient Egypt, I, 1915.
Petschek P., Studien über Gase, Weida, 1911, S. 46.
Pettenkofer M., Arch. Hyg., **12**, 1891, S. 269.
Petterd W., Catalogue minerals Tasmania, 1896, p. 11.
Petterd W., Miner. Collector, IX, N. Y., 1902, p. 130.
Petterd W. F., Catalogue minerals Tasmania, nouv., 1910, p. 28.
Pettersson O., Bihangt Sv. Vet. Akad. Hand., **19**, 2, 1894, № 4.
Pfaffius S., Pamietnik Fizjograf., VI, Warszawa, 1886, p. 40.
Pfitzmaier P., Sitzb. Wien. Akad. Wiss., Hist.-phil. Klasse, **58**, 1886, S. 221—226.
Phalen W. S., Smithsonian Miscellan. Coll., **45**, 1903, p. 198—199.
Phillips, Quart. Journ. Chem. Soc., IV, 1852, p. 252.
Phillips J., Treatise on ore deposits, L., 1884, p. 73; 2 ed., 1896, p. 20—640.
Phillips W., Elem. introduction miner., 1823, p. 327; New ed., 1852, p. 127.
Phipson T., C. R. Acad. Sci. Paris, **55**, 1862, p. 218.
Phipson T., Chem. News, **67**, 1893, p. 51.
Phipson T., Research on the past a. present history of Earth's atmosphere, L., 1901, p. 42—70.
Pickel G., Zschr. anorg. Chem., **38**, 1904, S. 307.
Pickering E. C., Astrophys. Journ., **14**, 1901, p. 368.
Pictet, Ann. Phys., **72**, 1822, S. 436.
Piddington H., Journ. Asiatic Soc. Bengal., **24**, 1856, p. 250.
Pilla L., C. R. Acad. Sci. Paris, **17**, 1843, p. 889.
Pilla L., Sopra produzione fiammo di volcani, Lucca, 1844.
Piña de Rubiis S., Arch. Sci. phys. et nat., **41**, 1916, p. 475.
Piña de Rubiis S., Bol. Soc. Españ. Hist. Nat., **47**, 1917, p. 143.
Pisani F., C. R. Acad. Sci. Paris, **75**, 1872, p. 1274.
Pittman E. (1), Mineral resourses N. S. Wales, Sydn., 1901, p. 8—78, 392.
Pittman E. (2), Ore deposits N. S. Wlles, Sydn., 1901, p. 62.
Piutti A., Rendis. Accad. Sci. fis. Napoli, (3), 16, 1909, p. 203—211.
Piutti A. (1), Renic. Accad. Sci. fis. Napoli, **16**, 1910, p. 31.
Piutti A. (2), Gaz. chim. ital., 40, 1, 1910, p. 439—487.
Piutti A., Radium, 8, 1911, p. 13—14.
Piutti A. Rendic. Accad. Linc., **22**, 1913, p. 140.
Planche, Journ. pharm., 8, 1822, p. 371.
Plauchud E., C. R. Acad. Sci. Paris, **84**, 1877, p. 235.

Playfair J., Illustrations Huttonian theory, Ed., 1802, p. 10.
Plinius C., Naturalis Historiae, XXXIII, 19—21. Die Naturgeschichte, VI (übers. G. Wittstein), L., 1882, S. 24.
Poggendorff J. C., Ann. Phys., **7**, 1826, S. 528; **16**, 1829, S. 168.
Poggendorff J. C., Biograph. Lexicon, II, Lpz., 1863, S. 1182—1190 (работы Vauquelin).
Pogue I. E., Smithsonian miscellan. Coll., (4), **5**, 1910, p. 477—483.
Pöhlmann R., Verhandl. Deutsch. naturf. Ges., Santiago de Chile, IV, 1899, S. 307.
Poincaré L., Physique moderne, son évolution, P., 1906 p. 95—96, 120.
Pollacci E., Rendic. Ist. Lombardo Sci., **7**, 1874, p. 238—242; **8**, 1875, p. 268—270.
Pontie A., Chem. News, **122**, 1921, p. 38.
Porlezza C., Giorn. chim. ind. ed appl., **2**, 1920, p. 638—687.
Porlezza C. e Norzi G. (1), Rendic Accad. Lincei, (5), **20**, 1911, I, p. 932.
Porlezza C. e. Norzi G. (2), Rendic. Accad. Lincei, (5), **20**, 1911, II, p. 333,338.
Porlezza C. e Norzi G., Gaz. chim. ital., **43**, 1913, p. 118.
Pošepny F. (1), Genesis Erzlagerst., 1895, S. 314.
Pošepny F. (2), Arch. prakt. Geol., **2**, 1895, S. 165—583.
Posewitz T., Borneo, 1889, S. 240—322.
Pouchet, Sur l'ambre gris, P., 1893.
Prandtl W., Gmelin-Krauts Handbuch anorg. Chem., 7. Aufl., I, 1907, S. 50—822; (8. Aufl., 1926, Lief. 1, 3).
Praźmovski A., Anzeiger Akad. Wiss. Krakau, 1912, S. 924.
Precht H., Ber. Deutsch. chem. Ges., **12**, 1879, S. 558—559; **13**, 1880, S. 2326.
Pring J., Proc. Roy. Soc., 90, 1914, p. 204.
Prinz H., Sci. Progr., XX cent., **9**, 1915, p. 448.
Prinz W., Bull. Soc. Belge Géol., **22**, 1908, p. 82.
Pritchard W. A., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **34**, 1904, p. 454.
Proust J. B., Ann. hist. nat., I, 1799, p. 51.
Proust J. B., Ann. Chim., **38**, 1801, p. 167.
Proust J. B., Journ. phys., **61**, 1805, p. 272.
Prytz K. u. Torkelson T., Oversigt K. Danske Vidensk Selsk. Forhandl. Kj., 1905, S. 340.
Pumpelly R., Amer. Journ. Sci., (3), **2**, 1871, p. 243—347.
Pumpelly R., Proc. Amer. Acad. Sci., **13**, 1878, p. 253—308.
Purdué A. H., Econ. Geol., **3**, 1908, p. 525.
Pusch J. B., Geognost. Beschreibung Polen, II, St. u. Tüb., 1836, S. 363.
Pütter A., Ernährung Wassertiere u. Stoffaushalt d. Gewässer, Jena, 1909, S. 129—130.
Putz H., Jahresber. nat. hist. Ver., **21**, 1911, S. 1.

Quercigh E., Atti Accad. Lincei, (5), **32**, 1923, p. 249.
Quiring H., Zschr. Berg-, Hüttenm. u. Salinenwesen in Preuss. St., **67**, 1919, S. 266.

Raimondi A., Minéraux Pérou, P., 1878, p. 146—180.
Ramirez P., Noticia histor. riqueza minera Mexico, Mex., 1884, p. 25—143.
Rammelsberg C. F., Handwörterbuch chemisch. Theils d. Mineralogie, B., 1841, Ergänz. I—V, 1843—1853.
Rammelsberg C. F., Handbuch Mineralchemie, 2 Aufl., I—II, L., 1875, Ergänz. I—II, Lpz., 1886—1895, S 1.
Rammelsberg C. F., Systemat. Übersicht Mineralien, B., 1889.
Ramsay W. (1), Chem. News, **71**, 1895, p. 151.
Ramsay W. (2), Journ. chem. Soc., **67**, 1895, p. 688.
Ramsay W., The gases of atmosphere, L. 1896.
Ramsay W. (1) Ann. chim. et phys., (7), **13**, 1898, p. 437—445.
Ramsay W. (2), Ber. Deutsch chem. Ges., **31**, 1898, S. 3113.
Ramsay W., Proc. Roy. Soc., A, **71**, 1903, p. 426.
Ramsay W. (1), Chem. News, **91**, 1905, p. 203.
Ramsay W. (2), Proc. Roy. Soc., A, **76**, 1905 p. 116.
Ramsay W. (1), Essays, L., 1908, p. 217.
Ramsay W. (2), Proc. Roy. Soc., A, **80**, 1908, p. 599.
Ramsay W., Chem. News, **105**, 1912, p. 134.
Ramsay W. a. Soddy F. (1), Nature, **68**, 1903, p. 246.
Ramsay W. a. Soddy F. (2), Proc. Roy. Soc., A, **72**, 1903, p. 204.
Ramsay W. a. Soddy F., Proc. Roy. Soc., A, **73**, 1903.
Ramsay W. a. Travers M. W., Journ. Chem. Soc., **67**, 1895, p. 684.
Ramsay W. a. Travers M. W., Proc. Roy. Soc., A, **60**, 1896, p. 144—447; A, **76**, 1905; A, **80**, 1908, p. 599.

Randall-Macivor D. (1), Report Brit. Assoc. advanc. Sci. South Africa (1905), L., 1906, p. 303.
Randall-Macivor D. (2), Mediaeval Rhodesia, L., 1906, p. 102.
Randall-Macivor D. (3). Geogr. Journ., **27**, 1906, p. 325.
Ranyard A. C., Month. Notices Roy. Astron. Soc., **39**, 1879, p. 163.
Rath G., N. Jb. Min., 1873, S. 584.
Rath G., Ann. Phys., Ergbd. VI, 1874, S. 356—359.
Rath G. (1), Sitzb. Niederrh. Ges., 1877, S. 73.
Rath G. (2), Zschr. Kryst., **1**, 1877, S. 1; **2**, 1878, S. 169; **3**, 1879 S 12.
Ray Chandra P., History Hindu chemistry, I, Oxf., 1902, p. 86—87; II, Calc., 1909, p. 40.
Rayleigh, Chem. News, **72**, 1895, p. 223.
Rayleigh (1), Chem. News, **73**, 1896, p. 247.
Rayleigh (2), Proc. Roy. Soc., **59**, 1896, p. 206.
Rayleigh (3), Proc. Roy. Soc., **60**, 1896, p. 56.
Rayleigh, Phil. Mag., (6), **3**, 1902, p. 416.
Rayleigh, Nature, **105**, 1920, p. 588.
Rayleigh, Proc. Roy. Soc., A, **100**, 1922, p. 376.
Rayleigh a. Ramsay (1), Chem. News, **71**, 1895, p. 51.
Rayleigh a. Ramsay (2), Phil. Transact., A, **185**, 1895, p. 225.
Rayleigh a. Ramsay (3), Phil. Transact., A, **186**, 1895, p. 227.
Read T., Eng. a. Min. Journ., **79**, 1905, p 985.
Read T., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **37**, 1907, p. 66—83.
Regener E., Ann. Phys., **20**, 1906, S. 1033.
Regnard P., C. R. Soc. biol., 1892.
Regnault V., C. R. Acad. Sci. Paris, **26**, 1848, p. 155.
Regnault V., Ann. chim. et phys., (3), **36**, 1852, p. 385—402.
Regnault V. et Reiset J., C. R. Acad. Sci. Paris, **26**, 1848, p. 11.
Reichardt E., Acta Leopold. Akad., Jena, 1860, p. 639.
Reichardt E., Arch. Pharm., **206**, 1875, S. 197—210.
Reichenbach, Ann. Phys., **105**, 1858, S. 483—555.
Reichenbach (1), Ann. Phys. u. Chem., **106**, 1859, S. 478—485.
Reichenbach (2), Verhandl. Geol. Reichsanst., 1859, S. 53.
Reicher L. T., Zschr. Kryst., **8**, 1884, S. 603.
Reinach T., Histoire par les monnais, P., 1902, p. 31—65.
Reincke J., Ber. Deutsch. botan. Ges., **21**, 1903, S. 372—482; **22**, 1904, S. 100.
Reinders W., Zschr. phys. Chem., **54**, 1904, S. 654.
Reineggs (Ehlich), Allgem. Beschreibung Kaukasus, II, 1797, S. 138.
Reinwardt, Journ. Chem. u. Phys., **3**, 1827, S. 330.
Renaudet, Revue des idées, 1907, № 38, p. 133.
Renk F., Handbuch d. Hygiene, I, 2, Lpz., 1886, S. 55.
Reppert H., Ein gelbes, braunes u. graues Arsen, Halle, 1907.
Retgers, Zschr. phys. Chem., **9**, 1892.
Reuning E., Zschr. prakt. Geol., 1908, S. 483.
Reuss A., Sitzb. Wien. Akad. Wiss., **25**, 1857, S 545—549.
Revers F., Discussion sur l'antiquité de découverts et usage du platine, P., 1827.
Reyer E., Theoretische Geologie St., 1888, S. 127.
Reyer E., Geologische Principienfragen, Lpz., 1907, S. 53.
Rhodes, Eng. a. Min. Journ., **77**, 1904, p 730.
Richardson G., Contributions to Econ. Geol., (1904), Wash., 1905, p. 481.
Richardson G. a. Wallace E., Journ. Soc. chem. ind., **21**, 1902, p. 317.
Rickard T., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **20**, 1892, p. 463; **21**, 1893, p. 686.
Rickard T (1), Transact. Amer. Inst Min Eng., **22**, 1894, p. 289.
Rickard T. (2), Proc. Color. Sci. Soc., Denv., 1894, p. 325—329.
Rickard T., Transact. Inst. Min. a. Mat., **6**, 1898, p. 194.
Rickard T., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **28**, 1899, p. 497; **30**, 1901, p. 711—713; **31**, 1902, p. 207—215.
Rickard T., The copper mines of Lake Superior, 1905.
Rickmers, Geogr. Journ., **14**, 1899, № 6, p 606.
Ridgeway, Rep. Brit. Assoc. advanc. Sci., (1907), L., 1908, p. 644.
Ries H., Econ. Geol. United States, N. Y., 1905, p. 43—333.
Riess L., Zschr. Soc. u. Wirtschaftsgesch., **6**, 1898, S. 144.
Ringer, Zschr. anorg. Chem., **32**, 1902, S. 183.
Rinne F., Cbl. Min., 1902, S. 499—500.
Rinne F., N. Jb. Min., I, 1905, S. 122—148.
Rinne F., Zur chem.-min. Erforsch. deutsch. Kalisalzlag., Lpz., 1910, S. 12.

Rio A. del, Ann. chim., 29, 1825, p. 137.
Ritter, Die Erdkunde, VI, 2, 1836, S. 344.
Ritter, Untersuchungen über die Höhe d. Atmosphäre u. Konstitution d. gasförmigen Weltkörper, 1878.
Ritter, Anwendungen mechan. Wärmetheorie auf kosmol. Probl., Hann., 1879, S. 9.
Rivot L., C. R. Acad. Sci. Paris, 28, 1849, p. 317.
Roberts-Austen, см. Austen-Roberts.
Rochata C., Jb. Geol. Reichsanst., 28, 1878, S 217—253.
Rogers A., An introduction to the geology of Cape, L., 1905, p. 333—343.
Rogers A. et du Toit A. L., Transact South African Phil. Soc., 15, 1904, p. 61—81.
Romé De l'Isle (1), Cristallographie, I, 2 ed., P., 1783, p. 420.
Romé De l'Isle (2), Cristallographie, III, 1783, p. 432—474.
Römer F., N. Jb. Min., 1848, S. 310.
Romocki S. J., Geschichte d. Explosifstoffe, I, B., 1895, S. 8—185.
Roncière C. de la, Revue de deux Mondes, 13, 1923, p. 663—670.
Roozeboom B. (1), Heterogene Gleichgewichte, I, Br., 1901, S. 179—180.
Roozeboom B (2), Phasenlehre, 1901, S. 179.
Rose G, Ann. Phys., 23, 1831, S. 161—202; 29, 1833, S. 452.
Rose G., Miner-geogn. Reise nach Ural, I, B., 1837, S 161—539.
Rose G. (1), Geol.-miner. Reise nach Uralgeb., II, B., 1842, S. 23—459.
Rose G. (2), Ann. phys., 55, 1842, S. 329—331; 61, 1845, S. 533.
Rose G., Abhandl. Preuss. Akad. (1849), 1851, S. 73—98.
Rose G., Monatsb. Preuss. Akad. (1872), 1873, S. 516—535.
Rose G. u. Sadebeck A., Abhandl. Preuss. Akad. (1876), 1877, S. 85.
Rose H., Ann. Phys., 98, 1856, S. 353.
Rosenbusch H., Elemente d. Gesteinslehre, St., 1898, S. 500.
Rosenbusch H., Mitt. Bad. geol. Landesanst., 4, Heid., 1900, S. 21.
Rosenheim O., Chem. News, 86, 1902, p. 247.
Ross J., Entdeckungsreise um Baffinsbay, L., 1820, S. 52.
Ross O. C., Chem. News, 64, 1891, p. 191.
Rossi G de, Cbl. Bacteriol., II Abt., 18, 1907, S. 289.
Rossignol J. P., Les métaux dans l'antiquité, P., 1863, p. 214.
Rössing A., Geschichte d. Metalle, B., 1901, S. 254.
Rössler F., Zschr. anorg. Chem., 9, 1895, S 70.
Roth J., Zschr. Deutsch. geol. Ges., 17, 1865, S. 600.
Roth J., Allgem. u. chemische Geologie, I, B., 1879, S. 106—602; II, 1883, S. 107; III, 1890, S. 316—436.
Roth W u. Wallasch H., Zschr. Elektrochem., 21, 1915, S. I.
Roush G, Mineral Industry, 1913, p. 29; 1914, p. 364.
Royer Le, см. Le Royer.
Rücker W., Einiges über Goldvorkommen in Bosnien, Wien, 1896.
Rudler, Handbook to a collection British minerals, L., 1905, p. 129—233
Rudzki T., Physik d. Erde, Lpz., 1911, S. 274.
Ruer R., Zschr. anorg. Chem., 51, 1906, S. 393.
Ruer R. a. Goernons F., Ferrum, 13, 1916, p. 11.
Ruhland G., Zschr. ges. Staatswis., 47, 1891, S. 505.
Ruhr R., Metallurgie, VI, 1909, S. 679
Runge C., Astrophys Journ., 18, 1903, p. 382.
Runge C, Nachricht. Ges Wiss. Göttingen, Math.-ph. Klasse, B., 1911, S. 109.
Russel, Mount Lyell Mines, L., 1896, p. 16—65.
Russel J. C., Transact New York Acad. Sci., I, 1882, p. 170—172.
Russell F, The atmosphere in relation to human life (Smithsonian Miscellan. Coll., 1072), Wash., 1896, p. 44.
Russell F. a. Appleyard A., Journ. Agr. Scient. Soc., (1915), 1920, p. 1—44.
Rutherford E (1), Die Radioactivität, B., 1907, S. 499—553.
Rutherford E. (2), Nature, 76, 1907, p. 661.
Rutherford E. a. Soddy F., Phil. Mag., (6), 4, 1902, p. 581.

Sabatier P., Deuxième supplement au dictionnaire de chimie, 6, P., 1907, p. 666.
Sachse, Zschr. phys. Chem., 10, 1893, S. 203.
Sackett W., Cbl. Bacteriol., II Abt., 34, 1912, S. 81.
Sacy S. de, Chrestomatie arabe, III, 2 ed., P., 1827, p. 390—464.
Sadebeck A., Min. u. petr. Mitt., 1, 1878, S. 293.
Sahlbom N., Arkiv Kemi, 6, 1915, № 3, S. 18.
Sainte Claire Deville Ch., Bull. Soc. géol. France, 14, 1857, p. 262.

Randall-Macivor D. (1), Report Brit. Assoc. advanc. Sci. South Africa (1905), L., 1906, p. 303.
Randall-Macivor D. (2), Mediaeval Rhodesia, L., 1906, p. 102.
Randall-Macivor D. (3). Geogr. Journ., **27**, 1906, p. 325.
Ranyard A. C., Month. Notices Roy. Astron. Soc., **39**, 1879, p. 163.
Rath G., N. Jb. Min., 1873, S. 584.
Rath G., Ann. Phys., Ergbd. VI, 1874, S. 356—359.
Rath G. (1), Sitzb. Niederrh. Ges., 1877, S. 73.
Rath G. (2), Zschr. Kryst., **1**, 1877, S. 1; **2**, 1878, S. 169; **3**, 1879 S 12.
Ray Chandra P., History Hindu chemistry, I, Oxf., 1902, p. 86—87; II, Calc., 1909, p. 40.
Rayleigh, Chem. News, **72**, 1895, p. 223.
Rayleigh (1), Chem. News, **73**, 1896, p. 247.
Rayleigh (2), Proc. Roy. Soc., **59**, 1896, p. 206.
Rayleigh (3), Proc. Roy. Soc., **60**, 1896, p. 56.
Rayleigh, Phil. Mag., (6), **3**, 1902, p. 416.
Rayleigh, Nature, **105**, 1920, p. 588.
Rayleigh, Proc. Roy. Soc., A, **100**, 1922, p. 376.
Rayleigh a. Ramsay (1), Chem. News, **71**, 1895, p. 51.
Rayleigh a. Ramsay (2), Phil. Transact., A, **185**, 1895, p. 225.
Rayleigh a. Ramsay (3), Phil. Transact., A, **186**, 1895, p. 227.
Read T., Eng. a. Min. Journ., **79**, 1905, p 985.
Read T., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **37**, 1907, p. 66—83.
Regener E., Ann. Phys., **20**, 1906, S. 1033.
Regnard P., C. R. Soc. biol., 1892.
Regnault V., C. R. Acad. Sci. Paris, **26**, 1848, p. 155.
Regnault V., Ann. chim. et phys., (3), **36**, 1852, p. 385—402.
Regnault V. et Reiset J., C. R. Acad. Sci. Paris, **26**, 1848, p. 11.
Reichardt E., Acta Leopold. Akad., Jena, 1860, p. 639.
Reichardt E., Arch. Pharm., **206**, 1875, S. 197—210.
Reichenbach, Ann. Phys., **105**, 1858, S. 483—555.
Reichenbach (1), Ann. Phys. u. Chem., **106**, 1859, S. 478—485.
Reichenbach (2), Verhandl. Geol. Reichsanst., 1859, S. 53.
Reicher L. T., Zschr. Kryst., **8**, 1884, S. 603.
Reinach T., Histoire par les monnais, P., 1902, p. 31—65.
Reincke J., Ber. Deutsch. botan. Ges., **21**, 1903, S. 372—482; **22**, 1904, S. 100.
Reinders W., Zschr. phys. Chem., **54**, 1904, S. 654.
Reineggs (Ehlich), Allgem. Beschreibung Kaukasus, II, 1797, S. 138.
Reinwardt, Journ. Chem. u. Phys., **3**, 1827, S. 330.
Renaudet, Revue des idées, 1907, № 38, p. 133.
Renk F., Handbuch d. Hygiene, I, 2, Lpz., 1886, S. 55.
Reppert H., Ein gelbes, braunes u. graues Arsen, Halle, 1907.
Retgers, Zschr. phys. Chem., **9**, 1892.
Reuning E., Zschr. prakt. Geol., 1908, S. 483.
Reuss A., Sitzb. Wien. Akad. Wiss., **25**, 1857, S 545—549.
Revers F., Discussion sur l'antiquité de découverts et usage du platine, P., 1827.
Reyer E., Theoretische Geologie St., 1888, S. 127.
Reyer E., Geologische Principienfragen, Lpz., 1907, S. 53.
Rhodes, Eng. a. Min. Journ., **77**, 1904, p 730.
Richardson G., Contributions to Econ. Geol., (1904), Wash., 1905, p. 481.
Richardson G. a. Wallace E., Journ. Soc. chem. ind., **21**, 1902, p. 317.
Rickard T., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **20** 1892, p. 463; **21**, 1893, p. 686.
Rickard T (1), Transact. Amer. Inst Min Eng., **22**, 1894, p. 289.
Rickard T. (2), Proc. Color. Sci. Soc., Denv., 1894, p. 325—329.
Rickard T., Transact. Inst. Min. a. Mat., **6**, 1898, p. 194.
Rickard T., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **28**, 1899, p. 497; **30**, 1901, p. 711—713; **31**, 1902, p. 207—215.
Rickard T., The copper mines of Lake Superior, 1905.
Rickmers, Geogr. Journ., **14**, 1899, № 6, p 606.
Ridgeway, Rep. Brit. Assoc. advanc. Sci., (1907), L., 1908, p. 644.
Ries H., Econ. Geol. United States, N. Y., 1905, p. 43—333.
Riess L., Zschr. Soc. u. Wirtschaftsgesch., **6**, 1898, S. 144.
Ringer, Zschr. anorg. Chem., **32**, 1902, S. 183.
Rinne F., Cbl. Min., 1902, S. 499—500.
Rinne F., N. Jb. Min., I, 1905, S. 122—148.
Rinne F., Zur chem.-min. Erforsch. deutsch. Kalisalzlag., Lpz., 1910, S. 12.

Rio A. del, Ann. chim., **29**, 1825, p. 137.
Ritter, Die Erdkunde, **VI**, 2, 1836, S. 344.
Ritter, Untersuchungen über die Höhe d. Atmosphäre u. Konstitution d. gasförmigen Weltkörper, 1878.
Ritter, Anwendungen mechan. Wärmetheorie auf kosmol. Probl., Hann., 1879, S. 9.
Rivot L., C. R. Acad. Sci. Paris, **28**, 1849, p. 317.
Roberts-Austen, см. Austen-Roberts.
Rochata C., Jb. Geol. Reichsanst., **28**, 1878, S 217—253.
Rogers A., An introduction to the geology of Cape, L., 1905, p. 333—343.
Rogers A. et du Toit A. L., Transact South African Phil. Soc., **15**, 1904, p. 61—81.
Romé De l'Isle (1), Cristallographie, I, 2 ed., P., 1783, p. 420.
Romé De l'Isle (2), Cristallographie, III, 1783, p. 432—474.
Römer F., N. Jb. Min. 1848. S. 310.
Romocki S. J., Geschichte d. Explosifstoffe, I, B., 1895, S. 8—185.
Roncière C. de la, Revue de deux Mondes, **13**, 1923, p. 663—670.
Roozeboom B. (1), Heterogene Gleichgewichte, I, Br., 1901, S. 179—180.
Roozeboom B (2), Phasenlehre, 1901, S. 179.
Rose G, Ann. Phys., **23**, 1831, S. 161—202; **29**, 1833, S. 452.
Rose G., Miner-geogn. Reise nach Ural, I, B., 1837, S 161—539.
Rose G. (1), Geol.-miner. Reise nach Uralgeb., II, B., 1842, S. 23—459.
Rose G. (2), Ann. phys., **55**, 1842, S. 329—331; **61**, 1845, S. 533.
Rose G., Abhandl. Preuss. Akad. (1849), 1851, S. 73—98.
Rose G., Monatsb. Preuss. Akad. (1872), 1873, S. 516—535.
Rose G. u. Sadebeck A., Abhandl. Preuss. Akad. (1876), 1877, S. 85.
Rose H., Ann. Phys., **98**, 1856, S. 353.
Rosenbusch H., Elemente d. Gesteinslehre, St., 1898, S. 500.
Rosenbusch H., Mitt. Bad. geol. Landesanst., **4**, Heid., 1900, S. 21.
Rosenheim O., Chem. News, **86**, 1902, p. 247.
Ross J, Entdeckungsreise um Baffinsbay, L., 1820, S. 52.
Ross O. C., Chem. News, **64**, 1891, p. 191.
Rossi G de, Cbl. Bacteriol., II Abt., **18**, 1907, S. 289.
Rossignol J. P., Les métaux dans l'antiquité, P., 1863, p. 214.
Rössing A., Geschichte d. Metalle, B., 1901, S. 254.
Rössler F., Zschr. anorg. Chem., **9**, 1895, S 70.
Roth J., Zschr. Deutsch. geol. Ges., **17**, 1865, S. 600.
Roth J., Allgem. u. chemische Geologie, I, B., 1879, S. 106—602; II, 1883, S. 107; III, 1890, S. 316—436.
Roth W u. Wallasch H., Zschr. Elektrochem., **21**, 1915, S. I.
Roush G, Mineral Industry, 1913, p. 29; 1914, p. 364.
Royer Le, см. Le Royer.
Rücker W., Einiges über Goldvorkommen in Bosnien, Wien, 1896.
Rudler, Handbook to a collection British minerals, L., 1905, p. 129—233
Rudzki T., Physik d. Erde, Lpz., 1911, S. 274.
Ruer R., Zschr. anorg. Chem., **51**, 1906, S. 393.
Ruer R. a. Goernons F., Ferrum, **13**, 1916, p. 11.
Ruhland G., Zschr. ges. Staatswis., **47**, 1891, S. 505.
Ruhr R., Metallurgie, VI, 1909, S. 679
Runge C., Astrophys Journ., **18**, 1903, p. 382.
Runge C, Nachricht. Ges Wiss. Göttingen, Math.-ph. Klasse, B., 1911, S. 109.
Russel, Mount Lyell Mines, L., 1896, p. 16—65.
Russel J. C., Transact New York Acad. Sci., I, 1882, p. 170—172.
Russell F, The atmosphere in relation to human life (Smithsonian Miscellan. Coll., 1072), Wash., 1896, p. 44.
Russell F. a. Appleyard A., Journ. Agr. Scient. Soc., (1915), 1920, p. 1—44.
Rutherford E (1), Die Radioactivität, B., 1907, S. 499—553.
Rutherford E. (2), Nature, **76**, 1907, p. 661.
Rutherford E. a. Soddy F., Phil. Mag., (6), **4**, 1902, p. 581.

Sabatier P., Deuxième supplement au dictionnaire de chimie, **6**, P., 1907, p. 666.
Sachse, Zschr. phys. Chem., **10**, 1893, S. 203.
Sackett W., Cbl. Bacteriol., II Abt., **34**, 1912, S. 81.
Sacy S. de, Chrestomatie arabe, III, 2 ed., P., 1827, p. 390—464.
Sadebeck A., Min. u. petr. Mitt., **1**, 1878, S. 293.
Sahlbom N., Arkiv Kemi, **6**, 1915, № 3, S. 18.
Sainte Claire Deville Ch., Bull. Soc. géol. France, **14**, 1857, p. 262.

Sainte Claire Deville Ch. et Le Blanc F. (1), Ann. chim. et phys., (3), 52, 1858, p. 61.
Sainte Claire Deville Ch. et Le Blanc F. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, 47, 1858, p. 317.
Sainte Claire Deville H. et Debray H., Ann. chim. et phys., 56, 1859, p. 440—482.
Sainte Claire Deville H. et Debray H., Ann. Mines, (5), 18, 1860, p. 526.
Sainte Claire Deville H. et Debray H, Ann. chim. et phys., (5), 4, 1875, p. 538.
Sainte Claire Deville H., Fouqué F. et Le Blanc F., C. R. Acad. Sci. Paris, 55, 1862, p. 76.
Salet G., Dictionnaire de chimie ed. Wurtz (s a.), II, 1, p. 720.
Sanderson J. C., Phys. Zschr., 13, 1912, S. 142.
Sanderson J. C., Amer. Journ. Sci., 39, 1915, p. 391.
Santini de Riols E. N., Les pierres magiques, P., 1905, p. 86.
Sarlin E., Meddel. Industr., 1902, № 32.
Sartorius v. Waltershausen W. u. Lasaulx A., Der Aetna, II, L., 1880, p. 535—536.
Satterly J. Proc. Cambr. Phil. Soc, 16, 1911, p. 355—532.
Sauer M., An account geogr. a. astronom. Expedition to the north parts of Russia, L., 1802, p. 217.
Scaliger J. C., Exotericarum exercitationum. Liber XV. De subtilitate, Fr., 1582, p. 323.
Schafhäutl C., Journ prakt. Chem., 21, 1840, S. 155.
Scheerer, Zschr. Berg-, Hüttenm.- u. Salinenwesen Preuss. St., 59, 1911, S. 204—221.
Scheffer H. T., Kgl. Sv. Vetensk. Akad. Handling., 13, 1752, S. 269—276.
Scheins M. De Electro veterum metallico, B., 1871, p. 31.
Schelenz H. E., Arch. Pharm., 227, 1889, S. 224.
Schenck F. u. Heller W., Ber. Deutsch. chem. Ges., 38, 1905, S. 2139; 40, 1907, S. 1704.
Schlagintweit A. u. H., Untersuchungen über physikalische Geogr. d. Alpen, L., 1850, S. 19—20.
Schleicher A. a. Gürtler W., Zschr. Electrochem., 20, 1914, S. 237.
Schlenck W., Gmelin-Kraut's Handbuch anorg. Chem., 7 Aufl., I, 1907, S. 168—292; (8 Aufl., 1926, Lief. 4).
Schloesing A. T., Introduction à l'étude de chimie agricole, P., 1885 (Encycl. chim. de Fremy).
Schloesing T., Ann. chim. et phys., (6), 23, 1891, p. 375.
Schloesing T., C. R. Acad. Sci. Paris, 121, 1895, p. 525—604; 123, 1896, p. 696.
Schloesing T., Ann. Mines, (9) 11, 1897, p. 14—36.
Schmeisser C. (1), Verhandl. Silbercomiss., B., 1895, № 23, S. 33.
Schmeisser C. (2), Über Vorkommen u. Gewinnung nutzbaren Mineralien in Transvaal, B., 1895, S. 33.
Schmeisser C., Goldfelder Australasiens, B., 1897, S. 61—103.
Schmidt, Zschr. Kryst., 29, 1898, S. 210.
Schmidt R., Ber. Deutsch. phys. Ges., 1906, S. 277.
Schmitz, Zschr. Deutsch. geol. Ges., 4, 1852, S. 712.
Schneider E. (1), Ber. Deutsch. chem. Ges, 1891, S. 2247.
Schneider E. (2), Journ prakt. Chem., 43, 1891, S. 317.
Schönbein C. F., Ann. Chem., 124, 1862, S. 7.
Schrader O., Sprachwissenschaft u. Urgeschichte, II, Jena, 1906, S. 30.
Schrauf A., Katal. Biblioth. Hofmineralienkabinets in Wien, 1864, S. 5—40.
Schrauf A., Min. Mitt., 1873, S. 53; 1875, S. 56.
Schrauf A. Ann. Phys., 22, 1884, S. 424.
Schrauf A., Jb geol. Reichsanst. 41, 1891, S. 381—383.
Schüler G., N. Jb. Min., 1833, S. 407.
Schultre E., Arch. Gesch. Naturwiss., 2, 1910, S. 351.
Schultze, Lithia herzynica, L., 1895 p. VII.
Schumacher F., Zschr prakt. Geol., 20, 1912, S. 15.
Schurtz H., Forschung. zu deutsch. Landes- u. Volkskunde, 5, 1891, S. 144.
Schwantke A., Cbl. Min., 1901, S. 166.
Schwantke A., Sitzb. Preuss. Akad. Wiss., 1906, S. 853—860.
Schwarz E. H. (1), Causal geology L., 1910, p. 91—240.
Schwarz E. H. (2), South African Revue, 1910, April.
Schwarz E. H., Transact. Geol. Soc. Africa 19, 1917, p. 33.
Schweigger J., Journ. prakt. Chem., 34, 1835, S. 385.

Schweigger J., Über Electron d. Alten, 1848.
Seamon, Chem. News, 46, 1882, p. 216.
Sederholm J., Bull. Com. Géol. Finl., 1898, № 6.
Sederholm J., C. R. de la IX Session Congrès Géol. Vienne, 1904, p. 612.
Sederholm J., Bull. Com. Géol. Finl., 1907, № 23, p. 94.
Sederholm J., Atlas de Finlande, texte I, carte № 3, Hels., 1911, p. 8—21.
Seegen, Die Heilquellenlehre, 1862, S. 188.
Sefström N. L., Jernkontorets Ann., 12, (1828), 1829, S. 145.
Seligmann G., Verhandl. naturhist. Ver. Preuss. Rheinl., 33, 1876, S. 261.
Sella, Rendiconti Accad. Lincei, 7, 2, 1891, p. 307.
Sella e Pocchettino, Atti Accad. Lincei, 1902.
Selvyn A. R., Quart. Journ. Geol. Soc., 16, 1860, p. 146.
Selvyn a. Ulrich, Notes phys. georg., geol. a. mineralogy Victoria, Melb., 1866, p. 46.
Semper, Beiträge z. Kenntn. Goldlagerstätten Siebenbürg. Erzg., B., 1900, S. 118.
Sharwood W. J., Econ. Geol., 6, 1911, p. 23—33.
Shepherd E., Bull. Haw. Volc. Observ., 7, 1919; 8, 1920.
Shorey E. C., Some organic soil consistents, Wash., 1913, p. 25 (Bull. Bureau Soils, № 88).
Schuster, Rep. 52 Meet. Brit. Assoc. advanc. Sci., L., 1883, p. 91—92; 1884, p. 127.
Siebert W., Zur Kenntnis d. Modificationen d. Arsens u. Antimons, 1907.
Siedentopf H., Phys. Zschr., 6, 1905, S. 857—864.
Sieveking u. Lauterschläger, Phys. Zschr., 13, 1912, S. 1043.
Siewerts A., Zschr. phys. Chem., 60, 1907, S. 184.
Sigmund A., Die Mineralien Niederösterr., W., 1909, S. 13.
Silvestri O., Atti Accad. Gioenia sci. natur. Catania, (3), 1, 1867, p. 283—289.
Silvestri O., Transunti Accad. Lincei, 4, 1880, p. 165.
Silvestri O., Gaz. chim. ital., 16, 1882, p. 7.
Simmer H., Der aktive Vulkanismus auf d. Afrik. Festl., München, 1906.
Simpson G. a. Wright C., Proc. Roy. Soc., 85, 1911, p. 183.
Singewald J., Journ. Hopkins Univ. Studies in Geology, Balt., 1922, № 1.
Sirovich G., Gaz. chim. ital., 53, 1923, p. 674.
Sittl K., Archeologie u. Kunst München, 1895, S. 201.
Sjögren H., Oefversigt Sven. Akad. Förhandl., 1884, № 4, S. 29.
Sjögren H., Geol. För. Förhandl., 22, 1900, S. 137.
Sjögren H., Teknisk Tidskrift Afdeln kemi, 35, 1905, S. 77.
Skey W., Transact. New Zealand Inst., 10, 1877, p. 445; 18, 1885, p. 401; 20, 1887, p. 454; 21, 1888, p. 368.
Slavic F. (1), Uzitnové nerosty zemi českych., Pr., 1917, p. 10.
Slavic F. (2), Obzor narodohosp., 22, 1917.
Slighter C. S., Water Supply a. Irrig. Papers U. S. Geol. Surv., 1902, № 67.
Slipher, Astrophys. Journ., 49, 1919, p. 266.
Smith A., Air a. rain, L., 1872, p. 7—106.
Smith A. u. Holmes W., Zschr. phys. Chem., 42, 1903, S. 469—477.
Smith J. L., Amer. Journ. Sci., (2), 12, 1851, p. 368.
Smith J., Transact. Geol. Soc. Glasgow, 10, 1896, p. 257.
Smith L., Revue Scient., P., 1875, p. 1167.
Smith L., Ann. chim. et phys., (5), 8, 1876, p. 570.
Smith L., Bull. Soc. min. France, 1, 1878, p. 90—91.
Smith L., Ann. chim. et phys., 16, 1879, p. 453—504.
Smith L., Orig. researches, Louisv., 1884, p. 554—556.
Smith P., Econ. Geol., 8, 1913, p. 449.
Smith S., Phil. Transact., A, 208, 1908, p. 21—104.
Smits A., Ber. Deutsch. chem. Ges., 38, 1905, S. 4027.
Smits A., Zschr. phys. Chem., 73, 1913, S. 221.
Smoluchowski M., Phys. Zschr., 2, 1901, S. 307—313.
Smyth C. H., Journ. Geol., 13, 1905, p. 322, 323.
Soddy F., Radium (trad. Lepape), P., 1919, p. 59.
Soetbeer A., Edelmetallproduktion u. Wertverhältnisse zw. Gold u. Silber seit d. Entdeckung America's bis z. Gegenwart (Ergänzungsheft № 57 zu Peterm. Mittheil.), Gotha, 1879, S. 42—111.
Soetbeer A., Materialien z. Erläuterung u. Beurtheilung d. wirtschaftlichen Edelmetallverhältnisse, 2 Aufl., B., 1885, S. 1—31.
Sonnenschein F., Zschr. Deutsch. geol. Ges., 6, 1854, S. 243.
Sonstadt E., Chem. News, 26, 1872, p. 159; 65, 1892, p. 131.
Sorby H. C., Edinb. New Phil. Journ., 50, 1851, p. 149—159.
Sorge K., Stahl u. Eisen, 7, 1, 1887, S. 96.

Sosman R. u. Hostetter J., Journ. Wash. Acad. Sci., **5**, 1915, p. 382.
Soyka J., Der Boden, Lpz., 1887, S. 69 (Handbuch d. Hyg., I).
Spencer L. J., Min. Mag., **15**, 1910, p. 322; **18**, 1921, p. 113.
Speter M., Lavoisier u. seine Vorläufer, St., 1910.
Spezia G., Sull'origine d. solfo, Tor., 1892.
Spezia G., Cbl. Min., 1909, S. 399.
Spitta O., Arch. Hyg., **38**, 1900, S. 218—279.
Sprengel K., Bodenkunde, 1844.
Spring W., Mémoires Soc. Géol. Belge, **17**, 1903, p. 25.
Spurr J., XVIII. Ann. Rep. U. S. Geol. Surv., III, 1896—1897, p. 202—364.
Spurr J. (1), Eng. a. Min. Journ., **76**, 1903, p. 500.
Spurr J. (2), Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **33**, 1903, p. 309—316.
Stahl A., Chem. Ztg., **21**, 1897, S. 394.
Stappenbeck R., Zschr. prakt. Geol., 1910, S. 72.
Stark J., Die Dissociirung u. Umwandlung chemischer Atome, Braunschw., 1903, S. 25.
Stas, C. R. Acad. Sci. Paris, **14**, 1842, p. 570.
Staszic S., O ziemiorodztwie gór dawniey Sarmacyi, Wars., 1805, p. 32—33.
Steenstrup K., Vidensk. Meddel. Naturv. Fören, 1875, p. 289—299.
Steenstrup K., Meddel. om Grönl., IV, 1883, p. 98—126.
Stefani C. de, Phlegr. Felder bei Neapel, Gotha, 1907, S. 19.
Stefánsson V., Prehist. a. present commerce among the Arctic Coast Esquimos, Ott., 1914, p. 17—25.
Stein A., Ann. Phys., **100**, 1856, S. 127.
Stein W., Journ. prakt. Chem., **6**, 1872, S. 172.
Steinmann G., Festschrift H. Rosenbusch, St., 1906, S. 335.
Steinmetz u. Gossner, Zschr. Kryst., **55**, 1915, S. 6.
Stelzner A., Isis, Dr., 1893.
Stelzner, Verhandl. Silbercommiss., I, B., 1894, S. 580.
Stelzner A. u. Bergeat A., Die Erzlagerstätten, II, 1905—1906, S. 457—1268.
Stephani O., Zschr. angew. Chem., 1903, S. 29.
Sterry Hunt H. (1), Mineral physiology a. phisiography, 2 ed., N. Y., 1891, p. 41—279.
Sterry Hunt H. (2), Systematic mineralogy based on natural classification, N. Y., 1891.
Stevenson J., Phil. Mag., (5), **1**, 1900, p. 312—403; 1902, p. 435.
Stock A. u. Guttmann O., Ber. Deutsch. chem. Ges., **37**, 1904, S. 898.
Stock A. u. Siebert W., Ber. Deutsch. chem. Ges., **37**, 1904, S. 4572; **38**, 1905, S. 3837.
Stočes B., Sborik spoliezn. zeměvědaí, **22**, 1917.
Stocker, C. R. Acad. Sci. Paris, **41**, 1855, p. 412.
Stokes H., Econ. Geol., **1**, 1906, p. 649.
Stokes R. S., Mines a. minerals British Emp., L., 1908, p. 362.
Stoklasa S., Cbl. Bacteriol., II Abt., **21**, 1908, S. 481—484.
Stone, Geol. Mag., (4), **2**, 1895, p. 493.
Stoney G. J., Proc. Roy. Soc., **17**, 1869, p. 13.
Stoney G. J., Scient. Transact. Dublin Roy. Soc., **8**, 1898, p. 305,
Stoney G. J., Phil. Mag., **9**, 1905, p. 510.
Störmer C., Arch. sci. phys. et nat., (4), **24**, 1907, p. 5; **32**, 1911, p. 117.
Störmer C., Geofys. Publicat., **1**, 5, 1921, p. 173.
Streeter E., The great diamonds of the world, L., 1896.
Streeter E., Precious gems a. stones, new ed, L., 1898.
Strunz F., Naturbetrachtung u. Naturerk. in Altertum, Hamb., 1904, S. 131.
Strunz F., Über Vorgeschichte u. Anfänge d. Chemie, L. u. W., 1906, S. 52.
Strutt R. J., Proc. Roy. Soc., A, **76**, 1905, p. 95—98; **77**, 1906, p. 483.
Strutt R. J. (1), Nature, **79**, 1908, p. 207.
Strutt R. J. (2), Proc. Roy. Soc., A, **80**, 1908, p. 56—594.
Strutt R. J. (1), Proc. Roy. Soc., A, **81**, 1909, p. 1—279.
Strutt R. J. (2), Proc. Roy. Soc., A, **82**, 1909, p. 166.
Strutt R. J. (1), Encyclop. Britan., **13**, 1910, p. 234.
Strutt R. J. (2), Proc. Roy. Soc., A, **83**, 1910, p. 96—298.
Strutt R. J., Proc. Roy. Soc., A, **85**, 1911, p. 219; **87**, 1912, p. 381; **89**, A 1914, p. 499.
Stur D., Jb. Geol. Reichsanst., **33**, 1883, S. 189—195.
Stutzer O., Die wichtigsten Lagerstätten d. Nichterze, I, B., 1911, S. 91.
Suckow G., Die Verwitterung im Mineralreiche, Lpz., 1848, S. 186.
Suckow G., Zschr. Naturwiss., Halle, 1853, S. 435.
Suckow G., Die Mineralogie, Weim., 1858, S. 140.

Suess E., Zukunft d. Goldes, Wien, 1877, S. 87—355.
Suess E., Zukunft d. Silbers. Wien, 1892, S. 11—67.
Suess E., Verhandl. Silbercommiss. deutsch. Reichstages, B., 1894, S. 531.
Suess E., Das Antlitz d. Erde, III, Wien, 1901, S. 45.
Suess E., Sitzb. Wien. Akad., **116**, 1907, S. 1556.
Sullivan E. C., Econ. Geol., **1**, 1905, p. 67.
Sutton J., Nature, **87**, 1911, p. 550.
Suzuki M., Beitr. Miner. Japans, **5**, 1915, S. 232.
Svanberg L., Svenska Vetens. Akad. Handling., (1834), St., 1835, p. 86.
Svedberg T., Ber. Deutsch. chem. Ges., 1905, S. 3619.
Svedberg T., Die Methoden zur Herstel. kolloid. Lösung. anorg. Stoffe, Dr., 1909, S. 238.

Tacchini, Atti Accad. Lincei, (3), Transunti **7**, 1882, p. 135.
Tamm, Anal. of Svenska Miner., St., 1869.
Tamm, Zschr. anorg. Chem., **107**, 1919.
Tammann G., Zschr. anorg. Chem., **115**, 1921.
Tammann G. u. Gürtler W., Zschr. anorg. Chem., **45**, 1905, S. 205—212.
Tarr, Econ. Geol. of United States, 1894, p. 150—157.
Taubert P., Die natürl. Pflanzenfamilien (her. A. Engler u. K. Prantl), III, 3, L., 1891, S. 72.
Tavernier J. B., Les six voyages, II, P., 1678, p. 339.
Teisserenc de Bort L., C. R. Acad. Sci. Paris, **147**, 1908, p. 219—220.
Tennant Smithson, Transact. Roy. Soc., II, 1804, p. 412.
Terreil A., Bull. Soc. chim. Paris, **25**, 1876 p. 482—483.
Terreil A., C. R. Acad. Sci. Paris, **84**, 1877, p. 497.
Thiene H., Temperature u. Zustand d. Erdinnern, Jena, 1907, S. 37—38.
Thienemann A., Intern. Revue hydrobiol., biol., Suppl. 4, 1912, p. 6—7.
Thierry M. de, C. R. Acad. Sci. Paris, **124**, 1897, p. 460.
Thomas E. S., Journ. Cairo Scient. Soc., 1909, May.
Thomas J. W., Journ. Chem. Soc., **2**, 1877, p. 146.
Thomsen J. (1), Oversigt Dansk. Vidensk. Selsk. Forhandl., Kj., 1898, S. 69.
Thomsen J. (2), Zschr. phys. Chem., **25**, 1898, S. 112.
Thomsen J., Oversigt Dansk. Vidensk. Selsk. Forhandl., Kj., 1904, S. 53.
Thomson E., Proc. Amer. Acad. Sci., **47**, 1912, p. 721.
Thomson J. A., Geol. Mag., (5), **6**, 1909, p. 492.
Thomson J. J., Proc. Cambr. Phil. Soc., **12**, 1904, p. 172—391.
Thomson J. J. (1), Jb. Radioact., **8**, 1911, S. 227—233.
Thomson J. J. (2), Encyclopaedia Britan., 11 ed., **17**, Cambr., 1911, p. 892.
Thomson J. J., Proc. Roy. Soc., A, **101**, 1922, p. 292.
Thomson T., History of the Roy. Soc., 1812, p. 185.
Thoroddsen T., Das Ausland, St., 1889, S. 161.
Thoulet J., Océanographie. Statique, P., 1890, предисловие, стр. 75.
Thoulet J., L'Océan, P., 1904, p. 75.
Thoulet J. (1), Ann. Mines, (10), **13**, 1908, p. 251.
Thoulet J. (2), C. R. Acad. Sci. Paris, **146**, 1908, p. 351.
Thoulet J., Ann. Inst. Océanogr. Monaco, **3**, 1911.
Tiberg H., Wermländska Bergsmannafören Annaler, K., 1903, S. 25—172.
Tidy, Journ. Chem. Soc., **37**, 1880, p. 274.
Tiede E., Ber. Deutsch. chem. Ges., **46**, 1913, S. 340.
Tiede E. u. Domcke E., Ber. Deutsch. chem. Ges., **46**, 1913, S. 4095.
Tilden W., Proc. Roy. Soc., **59**, 1896, p. 218—222; **60**, 1897, p. 455.
Tilden W., The Elements, L., 1910, p. 133.
Tilghman B. C., Proc. Acad. Natur. Sci. Philadelphia, **57**, 1906, p. 887.
Tillmans J., Mitt. Kgl. Prüfungssanst. f. Wasserversorg., **12**, 1909, S. 195.
Tissandier G., Les poussières de l'air, P., 1877, p. 33—57.
Toit du см. Du Toit.
Tomaschek W., Sitzb. Wien. Akad., Phil.-hist. Kl., **116**, 1888, p. 729—764.
Torkelson T., The hot springs of Iceland, Kj., 1910, p. 49—255 (Mem. Acad Sci. Danem.).
Törnebohm, Geol. Fören. Stockh. Förhandl., **15**, 1894, S. 678.
Törnebohm, Teknisk Tidskrift Afd. Kemi, **35**, 1905, S. 73.
Tornö H., Norske Nordhavn Expedition, Chemi, Chr., 1880.
Tower O. F., Journ. chim. phys., **11**, 1913, p. 249.
Trabert W., Lehrbuch d. kosm. Physik, Lpz., 1911, S. 305—556.
Traube H., Minerale Schlesiens, Breslau, 1888, S. 22—135.

Travers M. W., Nature, **71**, 1905, p. 248—249.
Travers M. W., Senter G. a. Jaquerod A., Phil. Transact., **200A**, 1903, p. 174.
Treubert F., Die Sonne als Ursache d. hohen Temperatur d. Innern d. Erde, M., 1904.
Treviranus G. R., Biologie, II, Gött., 1803, S. 451.
Trillat A., C. R. Acad. Sci. Paris, **137**, 1903, p 924; **138**, 1904, p. 274.
Troost L. et Ouvrard L., C. R. Acad. Sci. Paris, **121**, 1895, p. 798.
Trowbridge C., Astrophys. Journ., **26**, 1907, p. 95.
Truscott S. J., Wittwatersrand Goldfiel s, L., 1902.
Trüstedt O., Bull. Comm. Géol. Finl., 1907, № 19, p. 111—329.
Tschermak G., Denkschriften Akad. Wissensch. Wien, **31**, 1871, S. 194.
Tschermak G., Podręcznik mineral, przel. J. Morozewicz, 1900, p. 346—662.
Tschermak G., Lehrbuch d. Mineralogie, 6 Aufl., Wien, 1905.
Tschudi J. J., Reisen durch Südamerica, II, Lpz., 1866, S. 144.
Turner H. W., Amer. Journ. Sci., (3), **47**, 1897, p. 473.
Turner H. W., Journ. Geol., **7**, 1899, p. 147—389.
Twelvetrees a. Petterd, Proc Roy. Soc. Tasmania, **12**, (N. S.).
Tyrrell J. B., Amer. Journ. Sci., (3), **33**, 1887, p. 73.

Ulloa A. de, Relacion histor. del viage al America Merid., I, 2, M., 1748, p. 606.
Ulloa A de, Mem. phil., hist., phys. II, 1787, p. 344
Ulrich G., Contribut. mineral. of Victoria, Melb., 1870, p. 4.
Ulrich G., Quart. Journ. Geol. Soc., **46**, 1890, p. 619.
Upham W., Amer. Geol., **35**, 1905, p. 202.

Valliant W., Min. Collector, N. Y., 1901, p. 132.
Van Breukelveen M., Recueil travaux chimiques des Pays Bas, **15**, Leid., 1896, p. 280.
Vandelli, Mem. Acad. Sci. Lisboa, **1**, 1797, p. 261.
Van der Veen A. L., Verslag gew. Vergader wis. en natuurkund. afdeel. Kgl. Akad Wet., A, **16**, 1907, S. 142.
Van der Veen A. L., Phys. en Kryst. onderzoek. naar de symmetrie van Diamant, Leid., 1911, p. 33.
Vandevelde A., Bull. Soc. chim. Belg., **29**, 1920, p. 331.
Van Heck J. G., Jaarboek mijnwez in Nederl. O. Indië, 1906, p. 174.
Van Hise C. R., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **30** 1901 p. 98—118.
Van Hise C. R., A treatise on metamorphism, Wash., 1904, p. 43—1048.
Vant Hoff, Vorlesungen theor. u. phys. Chemie, II, Braunschw., 1899, S. 23.
Vauquelin, Ann. chim., **60**, 1806, p. 317.
Vélain C, C. R. Acad. Sci. Paris, **112**, 1891, p. 112.
Viebig W., Zschr. prakt. Geol. 1905, S. 98—102.
Vincent J., Bull. Acad Roy. Belge, 1912, p. 388.
Vogel J., Cbl Bacteriol., II Abt., **15**, Jena, 1905, S. 33—174.
Vogel R., Zschr. anorg. Chem., **50**, 1906, S. 146.
Vogel R. u. Tammann G., Zschr. phys. Chem., **69**, 1909, S. 598.
Vogt J. H., Kobberets historie, Kr., 1895, S. 96—108.
Vogt J. H., Norsk marmor. Kr., 1897, S. 8.
Vogt J. H., Zschr. prakt. Geol., 1898 S 13—413.
Vogt J. H., Zschr. prakt. Geol., 1899, S. 10—274.
Vogt J H., Problems in ore deposits Wash., 1901, p. 5—35.
Vogt J. H (1), Zschr. prakt. Geol., 1902, S. 260.
Vogt J. H (2), Om Nikkel, Kr., 1902, S. 1.
Vogt J. H., Silikatschmelzlösungen, II, Chr., 1904, S. 198—204.
Vogt J. H., Zschr. prakt. Geol, 1906, S. 223—230.
Voit F. W., Zschr. prakt. Geol., 1907 S. 366.
Voit F. W (1), Zschr. Deutsch. geol. Ges., **60**, 1908, Monatsber., S. 107, **181**.
Voit F. W. (2), Transact. Geol. Soc. South Africa, **10**, 1908, S. 69—79.
Voit F. W. (3), Zschr. prakt. Geol., 1908, S. 192—199; 1913, S. 47.
Voller A. u. Walter B., Jb. Hamburg. Wiss. Anst., **28**, 1910, 5. Beiheft, Sept, S 1—14.
Volz W., N. Jb. Min., BB. **20**, 1904, S. 127—128.
Voss W., Mineralien Herzogthums Krain, Laib., 1895, S. 8.
Vredenburg E., Records Geol. Surv. India, **33**, 1906, p. 273.

Wada T., Mining industry of Japan, Tok., 1893, p. 1.
Wada T., Minerals of Japan, Tok., 1904, p. 7—9.

Wadsworth M. E., Bull. Mus. compar. zool., Harvard. Coll., geol. series I, Cambr., 1880, p. 76.
Wagner H., Beitr. Geophys., II, St., 1895, S. 667.
Wagner H., Petermann's Mitt., Gotha, 1904, S. 56.
Wagner P. A., Die diamantführ. Gesteine Südafricas, B., 1909, S. 4—92.
Wagner P. A., The diamond fields of South Africa, I, 1914.
Wagoner L., Transact. Amer. Inst Min. Eng., **31**, 1901, p. 798; **38**, 1907, p. 704.
Waksmann S. u. Ioffe I., Journ. biol. chem., **50**, 1922, p. 35.
Walcott R H., Proc Roy. Soc. Victoria, **13**, 1901, p. 256.
Walker E., Eng. a. Min Journ., **80**, 1905, p. 1202.
Walker T., Amer. Min., **6**, 1921, p. 98.
Wallerius J. G., Systema mineralogicum, Ed. nova, II, Vindobonoe, 1778, p. 301.
Walter, Nature, **81**, 1909, p. 335.
Walter B., Ann. Phys., **42**, 1891, S. 505—508.
Walther B., Phys Zschr., **12**, 1911, S. 178.
Walther J., Zschr. Deutsch geol. Ges., 1889, S. 361.
Walther J., Abhandl. Kgl. Sächs. Ges. Wiss., Math.-phys. Klasse, **16**, 1891, S. 386.
Wanklyn J., Chem. News, **54**, 1886, p. 300.
Ward C., Geology of the North. Part of English Lake Distr. (Memoire Geol. Surv. Engl. a. Wales), L., 1865, p. 60.
Warren C. H., Amer Journ Sci., (4). **16**, 1903, p. 339.
Warren H. N., Chem. News, **55** 1887, p. 241; **77**, 1898, p. 192.
Washington H. S., Chemical analyses of igneous rocks., Wash., 1903, p. 106.
Washington H. S., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **39**, 1908, p. 735. (Перепечатано в Ore deposits, ed by S. Emmons, N. Y., 1913, p. 729).
Washington H S., Ann. Rep. Smithsonian Inst., (1909), 1910, p. 204.
Watson H., Journ. Chem. Soc., **97**, 1910, p. 810; **99**, 1911, p. 1460.
Watson W., Phil. Transact., **46** (1750), 1752, p. 585—588.
Webb Hodge F., Handbook American Indian North of Mexico, I, W., 1907, p. 614, 847.
Websky J., Journ. prakt. Chem., **92**, 1864, S. 76.
Weddell I., Chem. News, **113**, 1916, p. 289.
Wedding H., Ausführl. Handbuch Eisenhüttenkunde, 2 Aufl., I, Br., 1891—1896. S. 345—349.
Weed W. H., 21 Ann. Rep U. S. Geol. Surv., II, 1900, p. 234—235.
Weed W. H., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **30**, 1901, p. 433.
Weed W. H., The copper mines of the world, N. Y., 1908, p. 8—311.
Wegener A., Phys. Zschr., **12**, 1911, S. 170—220.
Wehnelt A., Ann. Phys., (4), **14**, 1904, S. 425.
Weidig M., Zschr. öffentl. Chem., **17**, 1911, S. 221.
Weigel O., Cbl. Min., St., 1911, S. 631.
Weinschenk E. (1), Zur Kenntnis d. Graphitlagerst., I, Münch., 1897, S. 13—52.
Weinschenk E. (2), Zschr. Kryst., **28**, 1897, S. 291—293.
Weinschenk E. (1), Abhandl. Bayer. Akad., **21**, 1900, S. 260—296.
Weinschenk E. (2), Zschr. prakt. Geol., 1900, S. 36.
Weinschenk E., C. R. de la VIII session du Congrès Géol. Intern., I, P., 1901, p. 450.
Weinschenk E., Allgemeine Gesteinslehre, I, 2. Aufl., Fr., 1906, S. 86—177.
Weinschenk E., Grundzüge d. Gesteinskunde, II, 2. Aufl., Freiburg, 1907, S. 58.
Weinzierl R., Führer durch Teplitz Museum, Tep., 1906, S. 14.
Weisbach A., Synopsis mineralogica, 1 Aufl., Fr., 1875; 4 Aufl., L., 1906.
Weisbach A., Caracteres mineralogici, 3 Aufl., Fr., 1899.
Weiske H., Journ. prakt. Chem., **97**, 1866, S. 485.
Weisz T., Bergbau in Siebenb. Landesteilen, Bud., 1891.
Wells H., Outline of History, 3 ed., N. Y., 1921, p. 80.
Wencker H., Zschr. prakt. Geol., **11**, 1912, S. 137.
Wendt u. Landauer, Journ. Phys., Mars 1922, S. 78D.
Werner A., Nouv. théorie des filons, 1802, p. 185.
Westgren A., Engineer, **3**, 1921, p. 727.
Westgren A. u. Phragmen G., Zschr. phys. Chem., **102**, 1922, S. 1.
Wherry T. Journ. Wash. Acad. Sci. **10**, 1920 p. 490.
Whipple G. C. a. Whipple M. C., Journ. Amer. Chem. Soc., **33**, 1911, p. 362.
White, Gold, its place in the economy of mankind, L., 1920.
Whittlesey C., Smiths. contributions to knowl., **13**, 1863, № 155, p. 27.
Wibel F., Das gediegene Kupfer, Hamb., 1864.
Wibel F., N. Jb. Min., 1873, S. 244.
Wiechert E., Goettinger Nachrichten, 1897, S. 230.

Wiedemann A., Globus, **96**, 1909, S. 295.
Wiesler A., Zschr. angew. Chem., 1906, S. 1795.
Wigand A., Zschr. phys. Chem., **65**, 1909, S. 442—456; **77**, 1911, S 423.
Wiik F. J., Finske Mineralsamling i Universitet i Helsingfors Mineralkabinet, Hels , 1887, S 9.
Wiik F. J., Bidrag t. Kännedom af Finl. Natur och Volk., **47**, 1888, S. 8.
Wilde H., Phil. Mag., **60**, 1895, p. 466.
Wilde P. de, Arch. Sci. phys. et nat., (4), **19**, 1905, p. 559.
Wilkinson, Transact. a. proc. Roy. Soc. Victoria, **1**, 1867, p. 12—18.
Willard J. T., Transact. Kansas Acad. Sci., **19**, 1905, p. 63.
Williams G. F., The diamond mines of South Africa, N. Y., 1902, p. 2—526.
Williamson, Proc. Manchester Geol. Soc., **6**, 1866.
Wilmot F. E., Abstract of the papers Roy. Soc., 1843, V. 1851, p. 476.
Wilson C. T., Proc. Cambridge Phil. Soc., **11**, 1902, p. 428; **12**, 1903, p. 17.
Wimmer, Verhandl. Silbercommis., II, 1895, № 23, S. 3.
Winchell H. V., Ann. Rep. Geol. a. Nat. Hist. Surv. Minnesota, 1895, p. 118.
Winckler H., Zschr. Socialwiss., **6**, 1904, S. 337—440.
Winckler H., Chem. Ztg., 1905, S. 670.
Winkler C., Ber Sächs. Ges. Wiss., **52**, 1900, S. 15.
Winkler L., Ber. Deutsch. chem. Ges., **22**, 1889, S. 1764.
Wisotzki, Zeitströmungen in d. Geographie. Lpz., 1897, S. 118.
Witting R., Atlas de Finlande, nouv. éd., Hels., 1910.
Witting R., Atlas de Finlande, texte I, Hels., 1911, p. 42—44.
Witting R. (1), Finländ. hydrogr. biol. Untersuchungen, Hels., 1912, № **7**, p. 45.
Witting R. (2), Jb. enthalt. hydrograph. Beobacht. in Finland umgebenden Meeren, Hels., 1912 (Finl. hydrogr. biol. Unters., № 10, 12 и т. д.).
Wöhler F., Ann Phys., **31**, 1834, S. 161—162.
Wöhler F., Ann. Chem. u. Pharm., **100**, 1856, S. 127.
Wöhler F., Ann. Phys., **146**, 1872, S. 299.
Wolf T., N. Jb. Min., 1878, S. 164.
Wolff, Zschr. Deutsch. geol. Ges., **29**, 1873, S. 32.
Wollaston W. H., Phil. Transact., L., 1805, p. 317; 1809, p. 190—196.
Wood, Astrophys. Journ., **28**, 1908, p. 75.
Wood A. B., Transact. Amer. Inst. Min. Eng., **37**, 1907, p. 288.
Woodruff E. G., Contribut. to Econ. Geol. (1908), I, Wash., 1909, p. 377 (Bull. Geol. Surv., № 380).
Wourtzel E., C R. Acad. Sci. Paris, **158**, 1914, p. 571.
Wraný A., Geschichte d. Chemie in Böhmen, Pr., 1903, S. 100—133.
Wright A., Amer. Journ. Sci., **21**, 1881, p. 215—216.
Wright J. u. Smith O., Phys. Zschr., **15**, 1914, S. 31.
Wülfing E., N. Jb. Min., BB. **7**, 1891, S. 152.
Wülfing E., Min. u. petr. Mitt., **15**, 1896, S 62—350.
Wülfing E., Meteoriten in Sammlungen, Tüb., 1897, pass., S. XVI, 447.
Würschmidt, Festschr. Elster — Geitel, 1915, S. 326.
Wurtz H., Amer. Journ. Sci., (2), **26**, 1858, p. 51; (2), **49**, 1870, p. 339.

Young R. B., Transact. Geol. Soc. South Africa, **12**, 1909, p. 82.
Yung E., Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat., **14**, 1877, p. 493, pass.

Zeijszner L., Bibl. Warsz., IV, 1861, p. 237—479.
Zenger K. W., Sitzb. Wien Akad., **24**, 1857, S. 78; **44**, 1861, S. 316—318.
Zenghelis C., Zschr. phys. Chem., 1904, S. 220.
Zepharovich V., Min. Lexicon f. Oesterreich, I, Wien, 1859, S. 169—443.
Zepharovich V., Jb. Geol. Reichsanst., **19**, 1869, S. 227—229.
Zepharovich V., Min. Lexicon f. Oesterreich, II, Wien, 1873, S. 136.
Zepharovich V., Sitzb. Wien. Akad , **71**, 1875, S. 272—276.
Zepharovich V., Min. Lexicon f. Oesterreich, III, Wien, 1893, S. 109.
Zerrenner C., Zschr. Deutsch. geol. Ges., 1849, S. 482.
Zerrenner C., Erdkunde Gouv. Perm., II, L., 1852, p. 207.
Zimmermann F. Transact. Amer. Electr. Chem. Soc., **24**, 1907, p. 391.
Zippe F. X., Geschichte d. Metalle, Wien, 1857, S. 99—237.
Zirkel F. (1), Handbuch d. Petrographie, II, Lpz., 1894, S. 894.
Zirkel F. (2), Handbuch d. Petrographie, III, Lpz., 1894, S. 782—783.
Zirkel F., Abhandl. S chs. Ges. Wiss., **28**, 1903, S. 197.
Zuntz N., Arch. f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt., L., 1900, Suppl., S. 311—312.

УКАЗАТЕЛИ

УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ И АНАЛОГИЧНЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕЛ [1]

Авантюрин 16
Аваруит 49, **53**, 65
Авгит 16
Азот 17, 26, 29, 31, 33, 35, 36, 39, 40, 52, 393—395, **396**, 397—404, 406, 407, 409, 411, 414—436, 453—455, 459, 460, 465, 469
Азотистое железо 430
Азотистый кремний 430
Азурит 31, 141, 208, 262, 274—276
Айкинит 140, 149, 152
Аксинит 288
Актинолит 127
Актинон 52, 394, 396, **474**, 480
Алабандин 310, 311
Алебастр 330
Аллемонтит 51, **295—298**, 300
Аллопалладий 46, 49, 93
Алмаз 15, 41, 51, 103, 198, **338—359**, 366—369, **371**, 372, 386
Альфа-палладистая платина 49, **83**, 88, 89
Альфа-поликсен 49, **83—90**
Альфа-сера 47, 51, **300—304**, 338, 347
Альфа-феррит 49, **54**, 57
Альфа-ферроплатина 49, **83**, 88, 89
Алюминий 31, 35, 36, 50
Алюмосиликаты 16, 31, 34, 148, 150, 218, 254, 261, 319, 364, 430, 431
Аляскит 198
Амальгама 50, 95, 169, 170, 236, **242**, 249; см. Золотая амальгама, Серебряная амальгама
Амальгама палладия (потарит) 50
Аметист 19, 208
Аммиак 430, 459
Аммоний 431
Аморфная сера 47, **300**, 301, 305
Амфибол 227
Анатаз 204, 342, 358
Ангидрит 312, 316, 329, 330
Англезит 472
Андалузит 362
Андрадит 288
Анортит 66
Антимонит 16, 154, 155, 200, 205, 298, 310, 311
Антрацит 80, 166, 341, 346, 360, 362, 363, 365, 371, 376, 385
Апатит 149, 353, 365
Арагонит 259, 315
Аргентит 41, 167, 170—172, 174, 209, 212, 248, 289; см. также Серебряный блеск
Аргон 26, 27, 34, 35, 39, 52, **396**, 397—401, 403, 412, 416, 420, 424—436, 465, 475
Аркверит 50, **242**, 243, 250
Арсеноламприт 51, 296, 299
Арсенопирит 141, 145, 149, 152, 154, 194, 204, 205, 207, 208, 215, 218, 224, 226, 229, 232, 291
Арсеносульфурит 51, **300**
Арсины 15, 171, 445
Асбест 97, 106, 270
Асфальт 313, 319, 326
Атакамит 15, 263
Аурамальгама 50, **242**, 243, 247
Ауриды 131
Аурикуприд 131
Аурипигмент 298
Ауросмирид 49

Базобисмутит 224, 291
Барит 141, 167, 169, 212, 237, 247, 248, 268, 273, 289, 315, 334
Бастит 352
Березит 95
Берилл 288, 291, 463
Бета-палладистая платина 49, **83**, 88, 89
Бета-поликсен 49, **83—90**
Бета-сера 47, 51, **300—304**, 326, 331, 332, 338, 347
Бета-феррит 49, 57
Бета-ферроплатина 49, **83**, 88, 89
Биотит 149, 150, 203, 221, 353, 438
Бисмит 290; см. также Висмутовая охра
Бисмутаурит 50, **240—242**
Бисмутит 289
Битумы 329
Благородные газы 400, 417—420, 427, 428

[1] Жирным шрифтом выделены страницы, на которых дано основное описание.

Блеклая руда 94, 96, 140, 150, 67, 170, 171, 201, 213, 256, 246, 247, 259, 298, 311
Бордозит 243
Борнит 170, 193
Борт 51, **338**, 340, 342, 343, 345, 349, 354, 359, 366, 369, 372
Бреггерит 463
Брейнерит 149
Брейтгауптит 170
Бром 27, 32, 52
Бромаргирит 27
Бромистое серебро 171
Брукит 204, 205
Брусит 97, 147
Бурнонит 311
Бурый шпат 221, 222, 289, 326, 327

Вад 73, 104
Валентинит 298
Валит 352
Висмут 27, 30, 34, 39, 50, 51, 96, 140, **240—242**, 275, **286—293**, 294
Висмутистое золото 241, 242
Висмутовая охра 289, 290, 293
Висмутово-кобальтовый колчедан 289
Висмутовый блеск 288; см. также Бисмутит
Висмутовый шпат 290, 293
Витнеит (уитнеит) 252, 258
Водород 26, 31, 34—36, 39, 52, 392—394, 396, 410, 424, 427—429, 432, **450—460**, 465, 468, 469, 475, 481
Воздух 17, 48, 52, 76, 394—396, 398
Воздух почвенный 422
Волканит 51, **300**
Вольфрамит 288, 291

Газообразная сера 47, 52, **300**, 305
Газообразный селен 52
Газы 388—**481**
Галенит 149, 150, 170, 172, 192, 194, 199, 201, 204, 205, 207, 208—210, 224, 236—238, 271, 279—282, 310, 311, 333, 463
Галлуазит 258
Галмей 285, 286
Галотрихит 307, 335
Гамма-палладистая платина 49
Гамма-селен 51
Гамма-сера (розицкит) 47, 51, **300**, 304, 305
Гамма-феррит 49, 57
Гаусманит 280
Гелий 19, 27, 34, 35, 39, 52, 287, 392, 394, 396, 414, 417—419, 428, 430, 433, 435, **460—468**, 475, 481
Гематит 145, 149, 201, 207, 234, 275, 281, 342, 358, 455
Геокороний 52, 393
Гётит 277
Гидромагнезит 147
Гидросиликаты марганца 364
Гидротроилит 311
Гизингерит 66, 75
Гиперстен 97
Гипс 17, 141, 142, 306, 307, 312—**316**, 319, 325—337, 459
Глина 95, 101, 160, 330
Горный мозг 273, 295; см. также Каолин
Горный хрусталь 141, 315, 340
Гранат 149, 150, 204, 218, 221, 236, 354
Графит 15, 31, 41, 51, 53, 66, **338—341**, **346—349**, 356, 357, **359**, 360—364, 366, **369—387**
Графитит 51, **338**, 340, 341, 346, **348**, 359, 360, 366, 375, 381, 368, 387
Графитоид аморфный 360, 385
Гуматы натрия 422

Датолит 257
Джозефинит 59, 65
Джонстонит 310
Дискразит 170, 171
Дистен 376, 380, 385
Добреелит 27
Доломит 98, 127, 149, 150, 202, 280, 289, 329, 330
Домейкит 242, 258, 260

Железистая медь 50, **251**, 252
Железистая платина 75
Железная охра 208, 238
Железо 27, 29, 31, 33—38, 48, 49, **53—83**, **85—90**, 122, 130, 142, 279, 341, 427; см. Альфа-феррит, Бета-феррит, Гамма-феррит
Железо-никель 27, 47, 48, **53—83**, **91**, 95, 98
Железо платинистое 49
Жемчуг 16
Жидкая сера 47, 52, **300**, 301, 305
Жозеит 15

Закись азота 402
Закись железа 422, 424
Змеевик 102, 203, 204, 206
Золотая амальгама 52, 210, **242**, 244, 247, 250
Золото 27, 29, 31, 32, 34, 36, 37, 39, 41—43, 46, 48, 50, 52, 82, 90, 95—99, 101,—109, 111—113, 117, 122—124, **125—136**, **140—169**, **175—190**, **193—235**, 242, 278, 279, 281, 282, 284, 289, 293—295, 328, 342, 357, 370

Изумруд 28, 367
Ильменит 161; см. также Титанистый железняк
Иод 27, 29, 32, 39, 51, 52, 396, **473—474**
Иодаргирит 27, 473
Иодкераргирит 29
Иодобромит 473
Иридий 27—29, 34, 39, 41, 49, **83—125**
Иридистая платина 49, **83**, 84, 88, 89
Иридистое золото 50, **125—128**

Кадмий 27, 284
Калий 51, 430
Каломель 249

Кальцит 17, 127, 150, 152, 169, 193, 218, 223, 234, 236, 247, 257, 258, 268, 270, 272, 274, 275, 280, 289, 299, 315, 326, 327, 333, 337, 352—354, 365, 376, 377, 380, 383
Камасит 49, **53—57**
Каменная соль 313, 329, 425, 428
Каменный уголь 35, 46, 166, 309—311, 334, 341, 360, 361—363, 375, 377, 380, 382, 383, 385, 444, 447, 456, 467
Кампилит 205
Каолин 150, 267, 295, 364, 374, 384
Каптивос 358
Карбиды 448
Карбонадо 51, **338**, 339, 340, 342, **345**, 348, 349, 354, 359, 366, 369, 372, 386
Карбонилы железа 67
Карбонилы никеля 67
Карелинит 290
Карналлит 455
Карнотит 463
Касситерит 127, 147, 288; см. также Оловянный камень
Кварц 16, 28, 33, 81, 95, 96, 107, 136, 141, 145, 146, 149, 150, 152, 160, 165, 167, 169, 194, 195, 198, 202, 205, 209, 211, 214—221, 223—225, 227, 230, 232, 257, 258, 267, 270, 274—277, 279, 289, 295, 299, 315, 330, 331, 333, 340, 357, 360, 364, 365, 373, 374, 378, 379, 383, 384, 426, 427, 463
Квасцовый камень 312, 337
Квасцы 307, 330, 332
Кераргирит 171, 174, 192, 209, 242, 248
Кермезит 15
Киноварь 101, 142, 201, 246, 248—250
Кирпичная руда 275
Кислород 14, 17, 22, 26, 29, 31, 32, 34—36, 39, 40, 52, 394, 395, **396**, 397—416, 419—429, 431—437, 454, 469, 471
Клевеит 428, 463
Кобальт 27, 28, 34, 131
Ковеллин 170, 193
Когенит 53, 54, 56, 66
Кокс 346, 360, 366, 385
Коллоидальная медь 261
Коллоидальная сера 332
Коллоидальное золото 51, 141, 142
Коллоидальное серебро 51, 174
Коллоидальный мышьяк 51
Коллоидальный селен 51
Колчедан 209, 215, 217, 225, 227, 321, 324, 331, 444
Конгсбергит 50, 242, 243
Копал 16
Короний 52, 393, 396
Корунд 165, 204, 357, 386
Красная серебряная руда 167, 170, 171, 289, 298; см. также Пираргирит, Прустит
Кремень 340; см. также Роговик
Кремний 27, 28, 31, 33, 148
Креннерит 157
Криоконит 69, 70, 72, 73
Криолит 45
Криптон 27, 35, 39, 52, 396, 399—401, 418, 419, 427, 428, 430, 435, 436, 468
Ксенон 27, 35, 39, 52, 396, 399, 418, 419, 427, 430, 435, 436
Ксенотим 358
Купоросы 312
Куприаурид 50, 131
Куприт 41, 252, 256, 258, 260, 262, 267—270, 273, 274, 276
Купрокуприт 50, 251, 252, 267
Кюстелит 50, **128**, 129, 169, 239

Лазурит 333
Лаурит 28, 120
Лаутарит 29, 473
Лёд 46, 165, 226, 421, 422, 426
Лёллингит 145, 154
Лигнит 375, 380, 385
Лимонит 78, 80—82, 95, 98, 145, 160, 173, 199, 202, 204, 207, 215, 238, 260, 358, 438
Литий 430

Маберит 318
Магнезиальный ильменит 353
Магнезит 147, 234
Магнетит 39, 55, 66, 68, 69, 82, 98, 101, 103, 107, 117, 127, 161, 169, 199, 201, 221, 223, 243, 269, 271, 277, 281, 353, 378, 383, 438
Магнитный колчедан 63, 75; см. также Пирротин
Малакон 428
Малахит 31, 94, 260, 262, 270, 271, 274—276
Мальдонит 50, **240—242**
Марганец 27, 28, 33, 55
Мариньякит 430
Марипозит 150
Марказит 63, 165, 166, 310, 312, 327
Мартенсит 54, 56
Мартит 358
Массикотит 280, 281
Медистая ферроплатина 49
Медистое золото 31, 50, **128**, 130, **131**, 190, 201, 235, 239, 240
Медистое серебро 50, **128**, 129, **131**, 239, 251
Медный колчедан 168, 199, 261, **276**; см. также Халькопирит
Медный купорос 260, 262, 273
Медь 27, 29—32, 34, 36, 37, 39, 41, 46, 50, 85, 106, **128**, 169, 233, **251—278**, 285, 481
Меланофлогит 315
Мелантерит 331
Меркаптаны 318
Метан 416, 424, 429, 432—434, 436, 454, 455, 457, 467
Метациннабарит 246, 249
Молибден 33
Молибденит 149, 193, 288
Монацит 341, 358, 461, 463
Мошелландсбергит 50, 245
Муассанит 54
Муравьинный альдегид 45, 472

Мусковит 145, 165, 217, 430, 452
Мышьяк 27, 29—31, 33, 41, 51, 287, **295—300**
Мышьяк бурый 296
Мышьяк желтый 51, 296
Мышьяк серый 296; см. также Коллоидальный мышьяк
Мышьяковый колчедан 15; см. также Арсенопирит

Нагиагит 15, 171
Накрит 289
Настуран 462
Натрий 27, 51
Натроярозит 335
Невьянскит 49, **116—120**; см. также Платиновый невьянскит, Родиевый невьянскит
Неон, 26 27, 35, 39, 52, 396, 399, 401, 417, 419, 427, 430, 433, 436, 450, 466, 468
Нефть 16, 318, 326—328, 331, 332, 336, 389, 395, 408, 420, 434, 455, 460, 465
Никелин 170
Никель 27, 34—36, 48, 49, **53**, 83, 131, 294, 296; см. также Железо-никель
Нонтронит 364, 374

Озокерит 337
Озон 32, 35, 52, 173, 395, 396, **469—472**, 481
Окись ртути 248
Окись серебра 173
Окись циркония 428
Октиббегит 49, **53—57**
Оливин 66, 68, 91, 97, 99, 147, 351—354, 356
Олово 27, 35—37, 50, **282—284**
Оловянный камень 146, 147, 282, 283, 288, 358; см. также Касситерит
Ольдгамит 312
Опал 17, 146, 309, 332, 352, 353, 364, 456
Ортоклаз 198, 203, 377
Осмид иридия 84
Осмий 27—29, 34, 39, 41, 49, 83, 105, **116—125**
Осмирид 49
Осмистый иридий 86, 88—90, 104, 107, 109—111, 117, 118, 120—122, 126, 199, 278, 281, 284
Осмит 49, **116—122**
Офиокальцит 219
Охры 212, 226; см. также Железная охра, Свинцовая охра

«Pacos colorados» 192, 238
Палладий 27, 28, 34, 39, 49, 50, 83—94, **125—128**
Палладистая платина 49, **83—90**
Паргасит 365
Патронит 300
Перидот 27; см. также Оливин
Перовскит 352, 353, 358
Пехштейн 143, 144
Пираргирит 15, 155, 171; см. также Красная серебряная руда
Пирит 68, 78, 95, 96, 141, 142, 145, 148—154, 157, 164—166, 168, 194, 197—202, 204—207, 210, 213, 215, 217—225, 229, 230, 232, 233, 241, 270, 272, 291, 295, 310, 312, 321, 324, 326, 328, 332—334, 342, 352, 360, 365
Пирит мышьяковистый 194, 215, 226
Пироксен 97—99, 127, 353
Пироморфит 205
Пироп 352, 353, 358
Пирротин 60, 63, 66, 75, 149, 288, 310
Плавик 29, 169, 281, 288, 291; см. также Флюорит
Плагиоклаз 198, 212, 258
Платина 27, 28, 34, 39, 41, 49, 81, 82, **83—116**, 117, 122, 124, 125, 127, 131, 196—199, 234, 247, 279, 281, 282, 284, 372; см. также Альфа-палладистая платина, Бета-палладистая платина
Платинистое золото 50, **125**, 126, 127
Платиновый невьянскит 49, **116—120**
Полевой шпат 145, 216, 217, 227, 256—258, 281
Полибазит 168, 171, 289
Поликсен 49, **83—90**; см. также Альфа-поликсен, Бета-поликсен
Порпецит 50, 99, **125—128**, 208
Потарит 50; см. также Амальгама палладия
Пренит 248, 257, 258, 271, 274
Прустит 171, 299; см. также Красная серебряная руда
Псевдофит 258

Радий 19, 27, 33
Радиоактивные эманации 52, 395, 396, **474—484**
Радон 39, 52, 396, **474—484**
Раммельсбергит 289
Реальгар 16, 298, 332
Рипидолит 430
Роговая обманка 16, 149, 223, 256, 364, 380, 384
Роговик 209, 237, 270, 273, 281, 289, 295
Родиевый невьянскит 49, **116—120**
Родий 27—29, 34, 39, 49, 50, 83—85, 93, **116—120**, **125—128**
Родистое золото 208
Родит 50, **125—128**
Ртуть 27, 29, 30, 36, 41, 50, 52, 117, 131, 140, **242—251**
Рубин 367
Рутениевый невьянскит 49, **116—120**
Рутений 27—29, 34, 39, 49, 83—85, **116—120**
Рутеносмирид 49
Рутил 165, 357, 364, 365

Самарскит 463
Самородные элементы 14, 18, **52**
Свинец 27, 29—31, 33, 35—37, 41, 50, 119, 129, 131, 142, **278—282**, 284, 294
Свинцовая охра 208, 237, 238, 281, 333
Свинцовый блеск 169, 172, 299; см. также Галенит

Селен 27—29, 51, 52, **300**, 307, 334
Селенистая сера 300
Селенистые минералы 14
Селенистый теллур 51, 294
Сера 27, 29, 31, 32, 39, 41, 42, 46, 47, 51, 52, 294, 296, **300—338**, **347**, 424; см. также Жидкая сера, Аморфная сера, Сульфурит, Газообразная сера, Альфа-сера, Бета-сера, Гамма-сера
Серая амбра 16
Серебристая медь 50, **251**, 252, 258
Серебро 27, 30—34, 36, 37, 40, 41, 46, 48, 50, 52, 95, 105, 119, **128—132**, **137**, **169—173**, **236—239**, 242, 250, 258, 260, 270, 273, 294, 299, 370
Серебряная амальгама 52, 244, 245, 249, 250
Серебряная чернь 171, 174
Серебряный блеск 168, 171; см. также Аргентит
Серицит 149, 150, 165
Сернистое золото 142
Сернистый газ 32, 306—308, 310, 318
Серный колчедан 63, 211, 223, 231, 294, 309, 316
Серный цвет 337
Сероводород 307, 309, 312, 314, 316, 317, 320, 323, 326, 328, 407, 408, 410, 414, 416, 451, 453
Серпентин 91, 97, 102, 106, 109, 110, 147, 150, 206, 269, 271, 352, 353
Серпентин-асбест 97, 147
Сидерит 63, 80, 94, 103, 260
Силикаты 34, 60, 91, 148, 254, 319, 365
Силикаты железа 452
Силикаты золота 141
Сильванит 157, 294
Сильвин 27, 463
Слюда 169, 229, 352, 353, 385, 430, 475
Смальтин 170, 289, 298
Смолы 14
Снег 402, 421, 422
Соль 460
Сперрилит 28, 96
Спессартин 376
Стекла природные 17
«Стеклянные головы» 16, 17, 91
Стефанит 168, 170, 171, 289
Стибины 14, 15, 170, 171
Стюартит 342
Сульфаты 307, 316
Сульфо-алюмосиликаты 306
Сульфокремнистые тела 306
Сульфоселенистый мышьяк 51
Сульфурит (аморфная сера) 47, 51, 302
Сурик 281
Сурьма 27, 29—31, 33, 41, 51, **295—300**
Сурьмянистое золото 202
Сурьмянистый мышьяк 51, 295, 296
Суэзит 74
Сфалерит 150, 212, 272, 233; см. также Цинковая обманка
Сфен 281, 365, 463
Сферосидерит 455
Сысерскит 49, **116—120**
Таллий 27, 287
Тальк 149, 201
Тальталин 243
Теллур 27, 29, 51, 287, **293—295**, 307
Теллуристая сера 51, **300**, 301
Теллуристое золото 431
Теллуристый висмут 206
Теллурит 295
Теннантит 232
Тенорит 262
Терлингуаит 249
Тетрадимит 15, 154, 193, 291
Тетраэдрит 212
Тиофен 318
Титанистый железняк 16, 17, 66, 97, 165, 199, 207; см. также Ильменит
Титаномагнетит 90, 97, 101, 161, 358
Топаз 205, 288, 291, 342
Торианит 226, 461—463
Торон 52, 394, 396, **474**, 476, 478, 480, 481, 483
Троилит 60
Турмалин 127, 149, 150, 155, 200, 215, 217, 222, 230, 365, 373
Тэнит 49, 53

Углеводороды 15, 29, 31, 313, 314, 318, 407, 410, 414, 424, 425, 429, 432, 436
Углекислота 31, 42, 148, 151, 410, 411, 414, 416, 423, 424, 426—429, 431, 432, 434, 447, 451, 453, 454
Углерод 27, 31, 34, 35, 36, 39, 41, 42, 51, 53, 338, 386
Углистое вещество 165
Уголь 45, 66, 337, 338, 346, 361, 374, 385
Уголь аморфный 339, 359, 360; см. также Шунгит
Уитнеит см. Витнеит
Ульманнит 15
Уранинит 463
Урановая слюдка 167
Урановая смолка 289
Урановые минералы 154

Фассаит 218
Фергюсонит 428, 461, 463
Феррисиликаты 16, 75, 364
Феррисульфаты 323, 325
Феррит 49, **53**; см. также Альфа-феррит, Бета-феррит, Гамма-феррит
Ферроплатина 85, 86, 90, 98, 103, 120, 127; см. также Альфа-ферроплатина, Бета-ферроплатина
Флогопит 352, 365
Флюорит 150, 167, 289, 291, 333, 462
Фосфаты 358
Фосфор 27, 51
Фосфориты 16, 17, 29
Фрейбергит 170
Фтор 24, 28, 52

Халцедон 98, 146, 152, 215, 289, 315, 326, 358
Халькозин 242, 258, 260, 262, 273, 277

Халькопирит 63, 149, 154, 170, 271, 204, 205, 209, 210, 230, 234, 259, 269, 271, 272, 288, 311; см. также Медный колчедан
Хиастолит 362
Хлоантит 289
Хлор 27, 32, 52, 396, 429, **472—473**
Хлорапатит 169
Хлорит 150, 165, 258, 438
Хлоритоид 165
Хлоропал 374
Хондродит 127
Хризоколла 31, 262
Хризолит 367, 372
Хризотил 206
Хром 27
Хромдиопсид 352
Хромистый железняк 86, 97, 108, 111
Хромит 66, 90, 97, 98, 101—103, 105, 106, 117, 355

Целестин 312, 313, 315, 323, 326, 337
Цементит 54
Цеолиты 14, 16, 141, 248, 257, 258, 275
Церит 65
Церуссит 226, 280, 281
Цинк 27—31, 35—37, 41, 46, 51, **284—286**
Цинковая обманка 94, 169, 194, 209, 236; см. также Сфалерит
Цинковое серебро 50, 128, 238
Циркелит 428
Циркон 165, 204, 281, 352
Циртолит 463

Чиленит 50, **240—242**
Чугун самородный 49, 63, 381

Шеелит 154, 288
Scherbenkobalt 297
Шпинель 66
Шрейберсит 54, 66
Штромейерит 167, 170
Шунгит 51, **338**, 339, 341, 346, 348, 359, 360, 365, 371, 376, 382, **385**, **386**, 387

Эвксенит 463
Эвлитин 290
Эгглестонит 249
Эгирин-авгит 281
Экдемит 280
Электрум 50, 112, **128—132**, **167**, 168, 171, 190, 191, 205, 208—210, 212, 221, **235**, **236**, 237, 239, 240
Эмболит 192, 237
Энаргит 311
Эпидот 150, 218, 257
Эритрин 248
Эшинит 433, 468

Яшма 358

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

басс. — бассейн;
вол. — волость;
гран. масс. — гранитный массив;
губ. — губерния:
деп. — департамент;
дер. — деревня;
дист. — дистанция;
з-д — завод;
ист. — источник;
кол. — колодец;
ледн. — ледник;
лим. — лиман;
местн. — местность;
м-ние — месторождение;
м. — море;
обл. — область;
оз. — озеро;
окр. — округ;
о-в — остров;
отд. — отдел;
п-ов — полуостров;
пос. — поселок;
пр.— прииск;
р-н — район;
р. — река;
респ. — республика;
рудн. — рудник;
ст-ца — станица;
ст. — станция;
у. — уезд;
уроч. — урочище;
ущ. — ущелье;
хр. — хребет;
хут. — хутор;
шт. — штат.

Аар, р. 412
Абакан, р. 211, 218
Абаканский р-н 211
Абано, ист. 417
Абано, с. 316, 332
Абас-Туманские ист. 416, 483
Абаэтэ 90
Абиссиния 102, 112, 115
Абкет 276
Або-Бьернборгская губ. 234, 277, 383
Абрудбания 147
Абульмульк, уроч. 208
Аважар, гора 376
Аварская группа 329
Аварский окр. 329
Аварское-Койсу, р. 330
Авачинская сопка 334
Авлабарские оз. 483
Авроринский пр. 93, 98, 103, 108
Австралия 38, 79, 89, 95, 103, 136, 141, 150—152, 154, 156, 157, 159, 161, 167, 188, 189, 241, 247, 251, 283—285, 287, 290, 293, 355, 365, 474
Австрия 318, 346, 434, 455
Австро-Венгрия 64, 371
Агарак, с. 272
Агаракский з-д 209
Агаракский рудн. 272
Агджайляу—Кизыл-Тас, гран. масс. 382
Агуилилья 244
Агура, р. 322
Адайком, ущ. 375
Адайхох, гора 375
Адак, гора 323
Адольфовская россыпь 198
Адольфовский пр. 372
Адриатическое м. 69, 479
Адун-Челон, горы 281, 288, 291
Азау, ледн. 332
Азбай, р. 232
Азия 38, 79, 104, 112, 182, 261, 264, 265, 286, 292, 321, 474
Азова 237
Азыр-Тал, хр. 377
Ай, р. 337
Айва, р. 107
Айгал-Джал, уроч. 382
Айдахо, шт. 150
Айдин, ст. 335
Айдырлинская группа 207
Айдырлы, р. 232
Айршир 363
Айрюк 195
Акатани 297, 298
Ак-Биик, уроч. 382
Ак-Булак, р. 383
Ак-Икча, р. 233
Аккерманский у. 323, 482
Ак-Мечетский лим. 327, 482
Акмолинская обл. 232, 264, 275
Аконкагуа 242
Акпарч, р. 276

Ак-Сара 276
Акстафа, р. 208, 236, 281
Аксу 264
Ак-Тау, горы 337
Актолик, р. 214; см. также Октолик
Ак-Тыкенды, р. 195
Ак-Чай, р. 272
Акчетавская вол. 239, 276
Акчий, уроч. 329
Акшинский у. 223
Алабама, шт. 149
Алабашка 376
Алавердский рудн. 272, 332
Алагёз, гора 332
Алагирь, уроч. 232
Алазейские горы 78, 82
Алазея, р. 82
Аландские о-ва 365
Алапаевский з-д 108
Алапаевский окр. 80
Аласарга, р. 384
Ала-Тау 109, 218, 279, 281, 310
Алаярви приход 385
Албасса, р. 212
Албын, ключ 229
Алгиак, р. 110, 124; см. также Малый Алгиак
Алгиакский хр. 234
Алдан, р. 110, 222
Алдома, р. 231
Александрийский у. 374
Александринская россыпь 221
Александро-Ачеевский пр. 214
Александров Гай 326
Александровский з-д 270
Александровский ист. 433
Александровский лог 102
Александровский пр. (басс. Нюрундукана) 220
Александровский пр. (Пермск. губ.) 90, 107
Александровский пр. (по р. Витимкану) 239
Александровский пр. (по р. Мурожной) 216
Александровский у. 267, 371, 483
Александропольский у. 272, 375
Алексеевск 325
Алексеевский рудн. 377
Алексее-Ольгинский пр. 107
Аленджичай, р. (Алинджа-чай) 208
Але-Тепе, уроч. 335
Алжир 71
Алзас, р. 211
Алиберовское м-ние 346, 363, 369, 379
Аликент, дер. (Али-Кенды) 330
Алиседа, ист. см. Ла-Алиседа
Алкабек, р. 212
Алланур, мыс 379
Аллеганские горы 145, 151
Аллемонт 295, 296, 298
Алтай 27, 81, 105, 109, 129, 136, 141, 172, 182, 187, 191, 192, 209, 212, 235, 237, 238, 249, 252, 264, 266, 273, 281, 284, 290, 299, 312, 334
Алтайская, ст. 232
Алушта 327
Алымовский пр. 216
Альберта 63, 466
Альгоданас 255
Альгодон 251
Алье 65
Альмерия 173
Альпы 160, 265, 360—363, 398, 412, 421, 422, 470
Альтенберг 288
Альхар м-ние 311
Аляска 142, 145, 150, 161, 162, 258, 265, 429
Амазар, р. 225, 291, 379; см. также Большой, Малый Амазар
Амалат, р. 222
Амгунь, р. 229, 230
Америка 63, 78, 79, 95, 112, 114, 149, 265, 286, 321, 368, 370, 371, 441, 455, 471
Америкен-Майн 294
Америкен-Форд 167
Ампе 364
Амсаяр, р. 381
Амстердам 367
Аму-Дарья, р. 234
Амунджакский ист. 333
Амунная, р. 225; см. также Большая Амунная
Амур, пос. 225
Амур, р. 226, 228, 230, 380, 381
Амурская обл. 110, 145, 226, 229, 235, 275, 281, 299, 380
Амурский залив 381
Амыл, р. 219
Ана, р. 211
Анадырск 250
Анадырский лим. 231
Анадырский у. 213, 334
Анадырь, р. 231
Анатольевский рудн. 199, 237
Ангаджан, р. 378
Ангара, р. 215, 217, 219
Англия 38, 257, 261, 289, 370, 425, 464
Андаба, р. 212
Андалузия 315
Андиахкау с. 375
Андижанский у. 337
Андийский окр. 329, 330
Андоколла 145
Андреаполь 195
Андреасберг 297
Андреевская дист. 204
Андреевская россыпь 106, 269
Андреевский пр. (Амурская обл.) 110
Андреевский пр. (Томская губ.) 210
Андреевский пр. (Троицкий у.) 204
Андреевский рудн. 199
Андреевское, с. 203
Анды 102, 156
Анзин, м-ние 436, 467
Аннаберг 64, 289
Аннинский пр. (по Киолиму) 123
Аннинский пр. (по Юсу) 218
Антиколи 469
Антиохия (Колумбия) 95, 135

Антипин лог 204
Антрим 61, 64, 427
Анцыфировка, р. 202
Апеннины 434, 480
Аполлинарьевская россыпь 110
Аппалачи 149
Апрелкова, р. 223
Апрелкова, уроч. 225
Апшеронский п-ов 329, 460
Аравия 78, 177, 178
Арагония 304
Аракс, р. 208
Арал-Тюбе 276
Аральское м. 337
Арамильское, с. 328
Арарат, гора 333
Арбузовский лог 271
Арвынья, р. 109
Аргаджи, с. 333
Аргент, р. 248
Аргун (Ургун), оз. 271
Аргун, р. 332
Аргунское ущ. 331
Аргунь, р. 226
Ардон 450
Ардонская, ст-ца 272
Ардонское ущ. 272
Аренсбург 318, 482
Аризона, шт. 62, 64, 74, 141, 150, 259 298, 359, 427
Арканзас, шт. 355
Аркверо 243, 247, 250
Аркия, р. 226
Аркия, с. 378
Артвинский окр. 271, 329
Артельный пр. 107
Артинский з-д 195
Артлух, с. 330
Арувими-Хеле 358
Архангельск 105
Архангельская губ. 80, 172, 193, 195, 196, 236, 267, 280, 315, 323, 371, 373, 450
Архангельская россыпь 197
Архангельский пр. 123
Архиповский лог 85
Арчада, р. 383
Арча-Курук, местн. 383
Арчикойский голец 225
Арыстанды, р. 277
Аскол, р. 238
Аскольд, о-в 230
Аскольдов рудн. 23
Асрак-Чай 375
Астраханская губ. 323, 409, 433
Астрахань 450
Асук 54, 64, 66
Атакама 250
Атлантический океан 398, 405, 439, 442, 478, 479
Атлин, м-ние 296
Атлян, р. 109, 203
Атлянский пр. 204
Атманай, хут. 416
Атрато, р. 103
Атрек, р. 336
Атуба 144
Атыркан-Бирекан, р. 82, 220—222
Атяш, р. 328
Аукленд 156
Аулиеатинский у. 233
Афанасьевский ключ 229
Африка 38, 78, 79, 96, 181, 261, 262, 266, 282, 308, 321, 358, 368, 474
Ахавеем, р. 231
Ахалцыхский у. 483
Ахшаран-Тау, гора 277
Ац, с. 208
Ацуно-Мещерянская, дача 206
Ачаули 375
Ачинский окр. 274
Ачинский у. 110, 218, 274, 378
Ашала, р. 212
Ашарова, дер. 377
Ашинга, р. 224
Аявирь 247
Аягуз 382, 385
Аятское оз. 200
Аятское, с. 200
Аять, р. 199
Аяхта, р. 82, 214, 215, 217
Аяхта 377
Аяхтинский гран. масс. 215, 217
Аяхто-Шайдурихинский р-н 218
Аячи, р. 110

Бабинский рудн. 201
Бабушкин ключ 231
Бавария 364, 370, 371
Баварский лес 370
Багаряковская вол. 376
Багия, шт. см. Байя
Багнаско 362
Багыр-Кулак, балка 375
Бад-Гаштейн, ист. 477
Баден 289, 315, 464
Базель 161
Байерс 346
Байкал, оз. 220, 223, 333, 378, 379
Байкальские горы 379
Байя, шт. 266, 358, 359, 368
Баканас 276
Бакинская губ. 209, 329, 450, 460
Бакинские сопки 454
Бакинский у. 329
Баксан, р. 332
Бакстон, ист. 415
Баку 329, 455
Баладжарские сопки 454, 460
Бала-Ишем, ст. 335
Балаханы 329, 433
Балахини, с. (Беллек) 329
Балахинское м-ние 329
Балбукская дача 144, 147, 205, 206
Балбукский пр. 207
Балбукские россыпи 109, 123
Балканский п-ов 181
Балтатарак, гряда 382
Балтийский порт 327
Балтийское м. 406, 439
Балтский у. 374
Балтыргина, р. 379

Балхаш, оз. 276
Балхашский залив 335
Балыкса, р. 211, 290
Балык-Су, р. 109
Бальджа, р. 224
Бальджир см. Верхний, Средний, Нижний Бальджир
Бальджинские россыпи 224
Бальджуан, бекство 234
Бамбук, р. 181
Бамфорд 290
Банат 154
Баньер-Люшон, ист. 477
Баньоль-де-л'Онь 477
Бапаняш 327
Барабинские оз. 409
Баранча, р. 85, 105, 107, 198
Баранчинская дача 107, 198
Баранчинский з-д 105
Баратыбинская вол. 205
Баргузинский окр. 239, 378
Баргузинский у. 110, 222, 275
Барзас, р. 209, 273
Барзовка, р. 202
Бари-Цхаро, ист. 483
Барн, залив 74
Барнаульский у. 211
Басалаевская россыпь 211
Баскунчакское оз. 323
Басс-Майн 96
Бастнес 65
Баталпашинский отд. 272, 331, 375
Батл-Маунт 142
Батопилас 172
Батпаксу, уроч. 277
Батский ист. 417, 464
Батум 483
Батумская обл. 123, 125, 127, 208, 271, 329, 374, 483
Батумский окр. 272
Батынгол 341
Баунт, оз. 333
Баунтовский ист. 333
Бауский у. 482
Бахмутский у. 194, 249, 324
Бахта, р. 361; см. также Малая Бахта
Бахтурское м-ние 330
Баш-Абаран, с. 272
Башкирская вол. 376
Башнина, дер. 268
Баян, с. 331
Беерс, рудн. 351, 352, 369
Безобразовский пр. 274
Безымянка, р. 82, 216
Безымянная, р. (Енис. у.) 214
Безымянная, р. (приток Печоры) 196
Безымянная, р. (Якут. обл.) 220
Безымянный, ключ 217
Бекс 304
Белая гора 230
Белая, р. (басс. Анадыря) 231
Белая, р. (басс. Ангары) 82, 219, 220
Белая, р. (Уфимская губ.) 327
Белая Выя 108
Белигер, падь 334
Беллек (Балахини), с. 329
Белогорское м-ние 85
Белое м. 140, 194, 235
Белозерский у. 324
Белокаменная ст-ца 382
Белокурихинский ист. 484
Белоозеро 324
Белореченское м-ние 200
Белоусовский рудн. 237, 273
Белуджистан 182
Белый Нил 102
Белый Урюм 225
Белый Юс 110, 378
Бельгийское Конго 349
Бельгия 417, 467
Бельсинские россыпи 281
Беммелле 156
Бенгалия 125
Бендиго 151
Берандача, р. 228
Берда, р. 374
Бердичев 373
Бердичевский у. 373
Бердь, р. 211
Бердянск 482
Бердянский у. 326, 374, 416, 460
Березинская ст-ца 206
Березовая гора 203
Березовка, р. 107
Березовск 55, 81, 95, 108, 132, 145, 149, 152—156, 187, 200, 279, 280, 328
Березовская россыпь 106, 123, 199
Березовский рудн. 209, 273, 310, 334
Березовский у. 273
Берестовая, р. 374
Берестовец, дер. 80
Береть, р. 274
Беринга, о-в 275
Берингов пролив 380
Беркара, уроч. 281
Беркаринская вол. 239, 276
Беркаринский рудн. 239, 276
Берта, р. 374
Бессарабская губ. 323, 482
Беченаг, с. 333
Бешаул-Кварцханское м-ние 271
Бешаульская дача 271
Бештау, гора 483
Бжиневи, с. 331
Бибер 289
Биби-Эйбат 433
Бийский окр. 171
Бийский у. 109, 212, 238, 381, 484
Билимбаевск 104, 123
Билимбаевские з-ды 108
Билимбаевские россыпи 123
Бильчаки, дер. 373
Бинагад, дер. 329
Бингем 159
Бингера 345, 355
Бира см. Большая Бира
Бир-Бир, р. 102
Бирикуль, р. 109, 209, 210; см. также Малый Бирикуль
Бирюкова, залив 323
Бирюса, р. 110, 218, 219, 379
Бисерский окр. 100, 107, 198, 371

Битка, р. 230
Бичь, р. 230
Бия, р. 212, 284, 381
Благовещенск 226
Благовещенская россыпь 163
Благовещенский пр. 82, 221
Благодатный пр. 110, 216
Благодатный рудн. (Екатеринб. у.) 201
Благодатный рудн. (Томск. обл.) 110
Благодатский (Благодатный) рудн. 333
Благонадежный, ключ 210
Блэкхис, ист. 466
Боа-Эсперанса 95
Бобрикова-Петровская слобода 194
Бобровая, р. 210
Бобровка, р. 80, 372
Бобровое м. 334
Богатырский, ист. 416
Богданов улус 274
Богдатский ключ 484
Богдо 323
Богныя, р. 199
Богомаза, хут. 331
Богомдарованный рудн. 218
Богородице-Рождественская россыпь 211
Богородский пр. 273
Богословск 259
Богословский з-д 195, 269
Богословский горн. окр. 80, 106, 122, 123, 197, 236, 255, 262, 268, 269, 278, 280, 299
Богословский рудн. (Урал) 254, 259, 264, 268, 299
Богословский рудн. (Семипалат. обл.) 276, 291
Богота, р. 113
Богоявленский пр. 107
Бодайбо, р. 82, 220, 382
Боденское оз. 410, 424
Боевка 376
Боевское м-ние 362
Боз, сопка 454
Бойца 147
Бокка-Гранде, сольфатара 308
Болгария 181
Болеслав, рудн. 328
Боливия 259, 262, 263, 266, 287, 293
Болотовская россыпь 201
Больдон, ист. 482
Большая, р. 275, 334
Большая Амунная, р. 291
Большая Бира, р. 381
Большая Варзь, р. 323
Большая Волчанка, р. 197
Большая Гусевка, лог 81
Большая Дытына, р. 214
Большая Имянная, р. 107, 198
Большая Крутоярка, р. 108
Большая Кудечь, р. 224, 225
Большая Мартайка, р. 196
Большая Могоча, р. 225
Большая Мурожная, р. 110, 215, 216, 274
Большая Нясьма, р. 197
Большая Пенченга, р. 215, 217
Большая Сарга (Аласарга) 384
Большая Тая (Каменушка), р. 381
Большая Хорева, балка 323
Большая Чичатка, р. 225
Большая Шульпиха, гора 100
Большая Шульпиха, р. 217
Большие Балаханы 335
Большой Алгиак, р. 234
Большой Амазар, р. 225
Большой Анзас, р. 218
Большой Балыктай, р. 379
Большой Готцатль, с. 330
Большой Еланчик, оз. 377
Большой Зеленчук, р. 272
Большой Ик, р. 211
Большой Камзас, р. 211, 290
Большой Каучак (Каучук), р. 109, 212
Большой Кожух, р. 210
Большой Кызас 211
Большой Лисий Камень, гора 274
Большой Маук, р. 202
Большой Морхой, р. 379
Большой Олдой, р. 228
Большой Патом, р. 220
Большой Пит, р. 82, 213—215, 217, 372
Большой Рефт, р. 201
Большой Сархой, р. 220
Большой Тигерек, р. 381
Большой Узень, р. 433
Большой Улень, р. 219
Большой Хайлык, р. 110, 124
Большой Хинган, горн. хр. 381
Большой Чап, р. 197
Большой Чукан, р. 227
Большой Шаарган, р. 110
Большой Юс, р. 110
Бом, р. 110, 228
Бонн 467
Бонневильское оз. 434
Бордё, ист. 315
Бордос, рудн. см. Лос-Бордос
Боржомский ист. 483
Борзовка см. Барзовка
Борзя, р. 226
Борнео, о-в 88, 96, 113, 115—117, 128, 158, 244, 297, 298, 345, 357, 359, 367, 369
Боровая, р. 216
Боровичи 194
Боровичский у. 194, 324, 482
Борроудаль 341, 363, 370
Борушская россыпь 199
Борчалинский у. 208, 272, 332
Босния 181, 416
Боталак 254, 287
Ботес 147
Ботогольский голец 363, 379
Боулдер, ист. 141
Боулдер, графство 294, 295
Бошагоча, р. 226
Боядаг 335, 336
Бразилия 60, 62, 78, 88, 89, 92, 95, 99, 102, 115—117, 126—128, 130, 132, 144, 149, 154, 156, 187, 255, 262, 266, 341—344, 357, 359, 365, 368, 369, 428
Брамбах, ист. 476
Бранчвилл 426
Братский мыс 378
Брацлавский у. 374

Бреславль 402
Бринера, мыс 334
Бристоль 360
Британская Восточная Африка 349
Британская империя 466
Британская Колумбия 65, 74, 97, 98, 150, 173, 248, 296, 355, 433
Брич-Мулла, хр. 277
Брокен-Хилл 95, 96
Брунсвик 284
Брюссель 397
Брянта, р. 227, 280, 281
Бугаз, оз. 331
Бугариха, р. 379
Бугровская россыпь 201
Бугузея Желтугинская, р. 225
Бугульмы-Кау, дер. 208
Бугульчаны, с. 271
Бугурусланский у. 325
Будакский лим. 323
Будзейовиц 166
Будюмкан, с. 378
Бузулук, р. 326
Бузулукский у. 268, 326
Букатуевский рудн. 333
Булганакские сопки 482
Булгуняк, р. 335
Бультфонтейн, рудн. 350, 354, 369
Бумские ист. 331
Бурбон-Ланси, ист. 463—465
Бурбон л'Аршамбо, ист. 418
Бурбуль, ист. 418, 464, 477
Буреинский хр. 229, 380
Бурея, р., 229, 380
Бурзянская вол. 206, 207
Буркан о-в 378
Бурлевка, р. 211
Бурлевская россыпь 211
Бурун-Су, ист. 336
Бурун-Су, м-ние 336
Бухара 163, 182, 234, 277, 321, 337, 383
Бухтарма, р. 212
Бухтарминская, ст. 381
Бушвельд, окр. 113
Бушуевский пр. 107
Быкогорский ист. 483
Быньговский з-д 108
Быркинская ст-ца 378
Быстрая, р. 226
Бьютт 155, 359
Бэрт-Хэда, уроч. 375

Ваал, р. 354, 356
Ваганновский увал 376
Вагран, р. 106, 198
Вагранка, р. 106
Вагранская, дер. 106, 198
Вазаская губ. 383
Вайоминг, шт. 309
Вайпори 247
Вайрабад 336
Валентина, бухта 381
Валлароо 258
Валлис 156. 417
Валлис, Новый Южный см. Новый Южный Валлис
Вальденская дол. 362
Вальче, ручей 269
Вангаши, р. 214
Ван-Дименова Земля 64
Ванкувер, о-ва 150
Варанда, с. 332
Варзинская дача 267, 323
Варзиятчи, дер. 323
Варзь см. Большая Варзь
Варницы, с. 327
Вархалам, р. 231
Варшавская ст-ца 109, 206
Васильевка, р. 225
Васильевская россыпь 123
Васильевский пр. (Енис. у.) 214
Васильевский рудн. (Пермск. губ.) 237,268
Васильевско-Ургунбейский пр. 124
Вахш, р. 234
Вача, р. 221, 222, 382
Вашингтон, гора 64
Вашингтон-Кэмп 298
Вежай, р. 198
Везувий 429, 430, 451, 465
Веймар, базальт 59
Вейсово, оз. 317
Великая, р. 410
Великие Северо-Американские озера 257—259, 359
Великий, о-в 193
Великобритания 115
Великолуцкий у. 325
Велико-Николаевские пр. 124
Великопетровская, ст-ца 206
Великоуральская, ст-ца 206
Велс, р. 196
Вельс 434, 455
Вена 135
Венгрия 154, 185, 244, 289, 298
Венеция 368
Веракрус, шт. 280
Вересовский увал 107
Вересовый бор 102
Вереспатак 135, 147, 168
Вермланд 278, 280
Верный, пр. 221
Верх-Исетская дача 376
Верх-Исетские россыпи 104, 123
Верх-Исетский з-д 94, 108, 123
Верх-Исетский окр. 200, 376
Верхне-Амурский р-н 228
Верхне-Андреевский пр. 203
Верхнее, оз. 251, 254, 256, 262, 263, 265, 266
Верхне-Зейская группа россыпей 227
Верхне-Камзасский пр. 290
Верхне-Кизильск 271
Верхне-Кизильский пос. 271
Верхне-Лазурский рудн. 273
Верхне-Мулинск 270
Верхне-Нейвинская дача 123
Верхне-Нейвинский з-д 121
Верхне-Селемджинский р-н 228
Верхне-Сулакский пр. 229
Верхне-Сысертский з-д 201
Верхне-Тагильская дача 108, 123, 159, 200

Верхне-Тагильские з-ды 81
Верхне-Тагильские россыпи 81
Верхне-Тагильский окр. 81
Верхне-Тайнинская россыпь 226
Верхне-Туринская дача 107, 199, 372
Верхнеудинский у. 223, 274
Верхне-Ульбинский форпост 381
Верхне-Уральск 271
Верхнеуральская дача 376
Верхнеуральский у. 109, 147, 205, 271, 372, 377
Верхне-Урюмская россыпь 225
Верхний Амур 226
Верхний Бальджир, р. 224
Верхний Мын, р. 229
Верхний Тагил 376
Верхний Тогузак, р. 206
Верхняя Ангара, р. 223
Верхняя Терсь, р. 210, 211
Верхняя Тунгуска, р. 291
Верхняя Хорутания 180, 181
Верхняя Цыпа, р. 379
Верхоленск 379
Верхоленский у. 220
Верхотомская вол. 385
Верхотурская россыпь 200
Верхотурский окр. (Южн.) 198
Верхотурский у. 80, 100, 106, 107, 123, 196, 236, 268, 372, 376
Верхоянский окр. 335
Веселая, р. 211
Веттлерсон, р. 231
Визенталь 362
Виктория 151, 152, 159, 284, 287
Виктория, оз. 265
Викторовская россыпь 124
Викторовский пр. 291
Викуэла 298
Виллафранка 64
Вильва, р. 198
Вильдбад 464, 466
Вильза, р. 231
Вильманстранд 384
Вилюй, р. 111
Вилюйский пр. (Нижне-Тагильская дача) 199
Вимпали, приход 385
Виндава 324
Винтервикен 477
Виппах 247
Виргиния, шт. 145, 261
Висбаденские ист. 417, 419
Висим, р. 85
Висимский пр. 108
Висконсин, шт. 258, 262
Висла, р. 412
Виталь, р. 248
Витватерсранд 165, 166, 189, 190
Витилька, р. 123
Витим, р. 220, 222, 335, 382
Витимкан, р. 222, 239
Витимская золотоносная система 220
Витимское плоскогорье, 222
Виттинге, рудн. 383
Виттихен 289
Витувея, р. 334
Вишера, р. 196, 197
Виши, ист. 418
Виши Гранд-Гриль, ист. 419
Виши Целестин, ист. 418
Виши Шомель, ист. 418
Вияй, р. 196
Владикавказский окр. 272, 332, 375, 450
Владимиро-Богородский рудн. 204
Владимировский пр. (по Джалте, Амурск. обл.) 227
Владимирская губ. 194, 267
Владимирская россыпь 210
Владимирский пос. 383
Владимирский пр. (Мариинский у.) 381
Владимирский рудн. (Ачинский у.) 218
Владимирский рудн. (Урал) 203, 204
Владимирское м-ние 335
Власова, балка 374
Воже, оз. 324
Воздвиженка, дер. 376
Воздвиженский промысел (Мариинский у.) 109
Воздвиженский рудн. (Нерч.-Зав. окр.) 238, 274, 333
Вознесенский рудн. (Семипалат. обл.) 276
Вознесенское м-ние 206
Воицкий рудн. 193, 236, 267, 280
Войска Донского область 80, 194, 236, 239, 323
Вокелен, ист. 418
Волга, р. 301, 322, 409, 412, 450
Вологда 80
Вологодская губ. 80, 195, 196
Волошиха, р. 104
Волчанка, р. 269
Волчья, р. 231
Волынская губ. 323, 373
Волынь 64
Воробьевы горы (Урал) 100
Воровская, р. 380
Вороговка, р. 215
Ворожея, р. 231
Воронкова, рудн. 204
Воронцовский пр. 108
Воскресенская россыпь (Томская тайга) 278
Воскресенская россыпь (Алтай) 281
Воскресенская россыпь (Минус. у., р. Куртучикем) 238
Воскресенская россыпь (на р. Хомолхо) 221
Воскресенский пр. 107 (басс. р. Иса)
Воскресенский пр. (Амурская обл.) 229
Воскресенский пр. (Енис. у.) 110
Воскресенский пр. (Мариинский у.) 210
Воскресенский пр. (Томская губ.) 124
Воскресенский рудн. 270 (Соликамский у.)
Воскресенский рудн. (Пермская губ.) 328
Воскресенское, с. 197
Восток, зал. 231
Восточная Бухара 234
Восточная Готландия 436
Восточная Индия 112
Восточный залив 230
Восточный мыс 380
Восточный Тарбагатай 233

Всеволодоблагодатские з-ды 196, 269
Вторая Каменка, р. 377
Второй Благодатный рудн. 328
Второй Карамышевский рудн. 209
Второ-Павловская россыпь 274
Вудхолл-Спа 473
Вулвич, г. 413
Вулкан, м-ние 295
Вулкано, о-в 304, 305
Выборгская губ. 235, 239, 277, 291, 362, 384, 386
Выг, р. 193, 267
Выйский з-д 81
Высокая, гора 253, 269
Высокие Тавры 180
Выя, р. 81, 98, 101, 105, 107, 108; см. также Белая Выя
Вятская губ. 104, 194, 267, 323

Гаваи 300
Гавель, р. 412
Гавриловка, р. 210
Гавриловский пр. (Енис. губ.) 111, 214
Гавриловский пр. (Томская губ.) 210
Гавриловский рудн. (Семипалат. обл.) 276
Гавриловский рудн. (Урал) 206
Газимур, р. 165, 226, 378
Газимурские мин. воды 484
Газимурское, с. 484
Гаити, о-в 144
Гайсинская оброчная статья 326
Галиция 247, 314, 315, 322
Гамбург 455, 466
Гамильтон 466
Ганг, р. 399
Гангасойа 111
Ганжинка, р. 208
Ганнан 293
Гантс 154
Гапсаль 327
Гапсальский залив 327
Гарбица, р. 224
Гаргань, р. 227
Гаревка, р. 213
Гарц 286, 289, 297
Гасконский залив 359
Гассеродэ 289
Гаураки 147
Гаштейн 476
Гваделупа 430
Гверреро, шт. 96
Гвиана 141, 158
Гвинея 179
Гейдельберг 355
Гельголанд 316
Гельсингфорс 384
Гендже-Кяндзя 376
Геннадиевский пр. 229
Гену (Гимры), с. 329
Генуя 132, 169
Георгиевский монастырь 327
Георгиевский пр. 212
Георгия, шт. 310
Георгсквелле, ист. 476
Герайоки, рудн. 277
Герасимо-Федоровский рудн. 217
Гергебильское м-ние 330
Гериас 173
Геримнак, р. 224, 226
Геримнакские россыпи 224
Гериховский рудн. 273
Германия 94, 115, 179, 181, 245, 261, 371, 411
Герона, пров. 64
Герренгрунд, рудн. 258
Герцеговина 181
Гессен 64, 172, 289
Гижига, р. 231
Гижигинский р-н 231, 380
Гизельдон, р. 375
Гиик-Салганское м-ние 330
Гилюй, р. 145, 227, 381
Гималаи 70
Гиммельфюрст 140
Гимринское м-ние 329
Гимринское ущ. 329
Гимры (Гену), с. 329
Гиссар 234
Гиссар, бекство 337
Гиссарский хр. 277, 337
Гиттерё 428
Гларус 261
Глафиринский рудн. 274
Глданка, р. 208
Глубокая, р. 198
Глубокое, оз. 409
Глуховцы 373
Годгавн 54
Голая, сопка 376
Голконда 358, 367
Голландия 434
Голубая, р. 183
Голуметское, с. 379
Гольдкронах 154, 185
Гольдцехе 185
Гомадзор 376
Гомбург 476
Гонгаран 181
Гонгко-Соко 89, 126, 127
Гондурас 144, 154, 294
Гонессе 415
Горациевский, пр. 227
Горбилок, р. 215
Гордеевка, дер. 231
Горж, р. 74
Горийский у. 375, 483
Горношит 201, 235
Горношитские россыпи 270
Горный Щит 376
Гороблагодатская дача 198, 372
Гороблагодатские з-ды 105
Гороблагодатские россыпи 111
Гороблагодатский окр. 81, 90, 100, 107, 114, 123, 158, 163
Городница 373
Городок см. Серный Городок
Гороховец 194
Гороховецкий у. 194
Гостогайская ст-ца 331
Гоуэн-Грин 89
Гоцо, с. 330

Гоцо-Меэр, гора 329
Goyaz 127
Гояс, шт. 127, 187, 355
Градачаца 416
Гран-Могол, хр. 358
Грас-Пан 354
Графитная, р. 378
Графская, ст. 381
Гренелль, ист. 415
Гренландия 53, 62, 64—69, 78, 363, 422, 462
Гресиоза-Ридж, м-ние 309
Греховский рудн. 235
Греция 180, 285, 366
Григорьевский рудн. 268
Гризи, ист. 464, 465
Гриквалeнд 367
Грин-Плейс 310
Гродненская губ. 268, 323, 482
Гродненский у. 323
Грозненский окр. 331
Грозный 450, 455, 460
Грушевка 80
Губахинское, м-ние 328
Гузарские горы 337
Гуитцуко 312
Гуларский рудн. 272
Гулинская россыпь 269
Гульчинская вол. 277
Гумбейка, р. 206
Гумбольдт-Хаус 309
Гумешевск 260, 270
Гумешевский рудн. 264, 270
Гуниб 330
Гунибский окр. 329, 330
Гуннисон, графство 295
Гурахтинский гран. масс. 215
Гурон, оз. 59
Гурьев 329
Гурьевский у. 328
Гусева, р. 85, 98
Гусевка, р. 102, 103
Гусевский Камень 98
Гусинка, р. 231
Гусиное, оз. 333
Гутара, р. 379
Гутиатикау, с. 375
Гучковский, пр. 377
Гюльгорычай, р. 249
Гюмюр, с. 333
Гюстен 455, 466

Дагестан 304, 316, 322
Дагестанская обл. 249, 304, 329
Дайго 122
Далмация 181
Дальний Восток 286
Дамара 260
Дамблудка, р. 208
Дамблудское м-ние 208
Дамлы, кол. 335
Данатинская складка 336
Даниловский ключ 214
Данковка, р. 372
Дарасунский ист. 484
Дарасунский пр. 225
Дарачичанский рудн. 272
Дарвазские горы 163, 234, 277
Даргавское ущ. 362, 374, 375
Даргинский окр. 329, 330
Дарджа, п-ов 335
Дариенский перешеек 112
Даровка, хут. 194
Даурка, р. 222
Даурская, дер. 377
Дачук см. Средний Дачук
Даялок, р. 379
Двина, р. 195
Двирский ист. 483
Дгани-Тагоб, р. 383
Дежнева, мыс 231
Дейб-Берн 65
Дейвидсон, графство 129, 130
Декан 144
Декстер 433, 466
Деламар, рудн. 295
Дели 80
Демблин 69
Демско-Ильчиканские оз. 409
Демянка, с. 325
Денежкин Камень, гора 105, 106
Деп, р. 227
Деса, р. 227
Деси, с. 316, 332
Джагулдай, с. 331
Джалинда, р. 155, 227, 228
Джалиндинская группа 227
Джалиндинский р-н 228, 229
Джалон, р. 145, 227
Джалонский пр. 227
Джалта, р. 227
Джаман-Тас, гран. масс. 382
Джаныбек, уроч. 328
Джаныс, р. 232
Джаргучак, р. 233
Джаркентский у. 111, 233, 276, 382
Джармагатай, р. 291
Джатым-Чакмак (Япалак) 337
Джатюк 230
Джеванширский у. 272, 375
Джедара, с. 375
Джелагун, р. 222
Джеланкол, р. 331
Джелинда, р. 222
Джелтавский пикет 233, 239, 276, 335
Джелтула, р. 381
Джибеллина 313
Джида, р. 110, 124, 223, 275
Джизак 383
Джизакский у. 383
Джиларык, ст. 382
Джилыбулакская вол. 277
Джимары, с. 375
Джиптык (Киндык), р. 383
Джирдженти 454
Джолос 379
Джорджиа, пролив 433
Джукей, оз. 232
Джунгария 264
Джуно 142
Джур-Джурак, рудн. 277
Джусалы-Сай 329

Дзансульский рудн. 272
Диамантина 357, 358
Дибь, р. 220
Д'Из, ист. 464
Дильмачик, р. 225, 226
Дип-Крик 140
Диско, о-в 62, 66
Дитмансдорф 360
Дмитриевка, р. 225
Дмитриевская гора 229
Дмитриевский пр. 210
Дмитриевский рудн. 238
Дмитровский у. 194
Догадлык, р. 229
Донского Войска обл.— см. Войска Донского обл.
Дофинэ 361
Друскеники 323
Дубковичи, с. 373
Дугман, р. 383
Дунай, р. 412
Дунт, с. 375
Дусебь, р. 219
Душетский у. 208, 332
Дуэ 385
Дэвисов пролив 62
Дютуаспан, рудн. 354, 369

Евграфовский рудн. 224, 271
Евдокие-Васильевское м-ние 223
Евпатория 327
Евпаторийский у. 327
Европа 79, 113, 261, 265, 286, 292, 366—368, 370, 441, 466
Европейская Россия 123, 193, 236, 249, 267, 280, 315, 322, 385, 441, 460, 482
Егерсфонтейн, рудн. 368, 369
Египет 77, 78, 80, 112, 266, 283, 292
Егоро-Архангельский пр. 123
Егор-Канкриновский пр. 101
Егорьевская россыпь 109, 281
Егорьевские промыслы 124
Егорьевский промысел см. Георгиевский промысел
Екатеринбург 104, 201, 269, 279, 376, 482
Екатеринбургский з-д 195
Екатеринбургский окр. 108, 195, 200, 202, 237, 269, 280, 290, 372, 376
Екатеринбургский у. 81, 108, 123, 200, 237, 269, 328, 372, 376
Екатерининская гавань 407
Екатерининские горячие воды 331
Екатерининские ист. 416
Екатериноблагодатный рудн. 333
Екатериноблагодатский рудн. 299
Екатеринославская губ. 194, 249, 324, 373
Елабужский у. 267, 323
Елизаветинский пр. (Верхотурский у.) 107
Елизаветинский пр. (Чердынский у.) 196
Елисаветградский у. 374
Елисаветинский пос. 207
Елисаветполь 208
Елисаветпольская губ. 208, 236, 272 278, 281, 331, 374, 416
Елисаветпольский у. 208, 236, 272, 281, 331, 374
Елих, р. 199
Ельничная, р. 201
Ельчевка, р. 200
Енашимо, р. 110, 111, 157, 213—215, 378
Енбижек, р 110, 124
Еникале 304, 319, 326
Енисей, р. 110, 124, 182, 213, 215, 216, 218, 219, 264, 274, 361, 378
Енисейская губ. 82, 110, 111, 124, 158, 192, 213, 235, 238, 273, 281, 291, 361, 372, 377, 409, 483
Енисейский у. 82, 110, 213, 215, 235, 274, 377
Енисейский Северный окр. см. Северо-Енисейский окр.
Енисейский Южный окр. см. Южно-Енисейский окр.
Енотаевский у. 323
Ерунаковское м-ние 334
Ессентукские ист. 483

Жарча, р. 225, 238
Жекуитинонья 341, 359
Железинка, р. 201
Железинская россыпь 201
Железноводские ист. 416, 483
Желтая, р. 374
Желтуга, р. 224
Желтугинские россыпи 223
Желтугинско-Горбачевский р-н 225
Женева 70
Женевское оз. 409
Жилобреро, рудн. 244
Жилой, о-в 329
Житомир 373
Житомирский у. 373
Журавлик, р. 372
Жуя, р. 221

Заале, р. 412
Забайкалье 155, 290, 363
Забайкальская обл. 110, 124, 192, 220, 238, 250, 274, 281, 288, 291, 299, 333, 378, 483
Заблудящая, р. 196
Заболотная, р. 106
Заводинский рудн. 105, 237, 238, 290
Загорин, разъезд 250
Задорный, пр. 223
Зайсанский у. 182, 233, 382
Закавказье 207, 329, 333, 460
Закаспийская обл. 291, 315, 322, 335, 409
Закатальский отд. 208
Закаталы 208
Закатекас 363
Закохрачье 335
Залатна 147, 295
Залибанчай, р. 208
Зальцбург 289
Замараш, р. 208

Замбези, р. 349
Зангезурский у. 272, 375
Заозерская дача см. Северная Заозерская дача и Южная Заозерская дача
Заонежье 268, 373
Западная Австралия 157, 161
Западная Африка 131, 132, 165
Западная Европа 38, 265, 321, 412, 441
Западная Сахара 180
Западная Шотландия 64
Западный Алтай 381
Западный Гриквaленд 349
Звенигородский у. 373
Зеглеви 331
Зейский окр. 145
Зейский р-н 163, 235, 381
Зейский золотоносный р-н 227
Зеравшан, р. 233
Зея, р. 145, 227, 381
Зибенгебирге 364
Зимовье 333
Злазни, дер. 80
Златоуст 377
Златоустовский з-д 195
Златоустовский окр. 195, 202, 235
Златоустовский пр. 229
Златоустовский у. 202, 376
Змеиногорск 105, 129, 168, 290
Змеиногорский рудн. 209, 235, 237, 273, 299, 334
Змеиногорский у. 209, 273, 381
Змеиные ворота 383
Знаменская дача 106, 198
Золотая, р. 110, 238
Золотая, сопка 377
Золотой Берег (Африка) 167, 179
Золотой Китат, р. 209, 381
Золотой Отрог 291
Золотой Ящик 225
Зондские о-ва 183, 187
Зотиевский пр. 136
Зулисой, с. 331
Зуменгоф 318
Зурнабадская дача 331
Зырянка, р. 216
Зыряновск 129
Зыряновский рудн. 131, 168, 209, 235, 237, 239, 273, 281
Зюзельский рудн. 328
Зюзельское болото 270

Ивало, р. 111, 234, 385
Ивалойоки 111, 291
Ивангород 69
Ивановка, гора 225
Ивановка, р. (басс. Кары) 225
Ивановка, р. (басс. Чикоя) 222
Ивановка, р. (Минус. у.) 110
Ивановский пост 330
Ивановский пр. (Енис. у.) 214
Ивановский пр. (по р. Удоронге) 216
Ивановский рудн. 238, 376
Ивано-Ивановская россыпь 123
Ивдель, р. 106, 196
Ивет, р. 227
Ивигтут 462
Игнашка, р. 228
Игыд-Кизыл (Эгиз-Кизыл), гора 382
Идальго, шт. 96
Идей, пр. 107
Идрия 246
Иернпюнт 54
Изер, деп. 94, 418, 464, 475
Изикиюль, р. 110
Изранда, р. 202, 377
Икан, р. 274
Икша, ст. 194
Или, р. 223, 233, 291
Иликан, р. 227, 280, 281
Иликем, р. 219; см. также Серлих
Иликемская система россыпей 219
Илинское м-ние 223
Иличи, р. 227
Илиярви 234
Иломантс, приход 277
Ильдикан, р. 226
Ильдиканский рудн. 333
Ильи св., мыс 326
Ильинский пр. (Златоуст. горн. окр.) 235
Ильинский рудн. 206
Ильменские горы 281, 347, 362, 363, 377, 463, 468
Ильменское оз. 281
Ильтабановские промыслы 372
Ильтабанские россыпи 207
Иман, р. 230
Имерлю, с. 333
Имерхеви, р. 374
Импилакс, окр. 277, 384
Инари, обл. 208
Инверель 356
Ингода, р. 223, 224, 378
Ингулец, р. 374
Ингур, р. 208
Ингушлинский ист. 476, 483
Индерское, оз. 328
Индиана, шт. 454
Индигирка, р. 82
Индийский океан 69, 442
Индия 78—80, 144, 182—184, 262, 285, 286, 357, 358, 366—370, 423
Индокитай 78, 79, 115, 183, 187
Индонезия 78
Индостан 160
Иннокентьевский пр. 110, 124, 216
Иннокентьевский рудн. 379
Инь, р. 211
Иоакалакс 384
Иоаннкрестительский пр. 87
Иоанновский рудн. (Ачинский у.) 218, 378
Иоанновский рудн. (Лепсинский у.) 382
Иоахимсталь см. Яхимов
Иов, р. 85, 106
Иовский пр. 281
Иоганнгеоргенштадт 289, 290
Иозефовка 373
Иорк, мыс 78
Иосифовский пр. 226
Иосифа св., о-в 60
Иоутынья, р. 105
Ипута-Меэр, хр. 330

Ирбо, р. 222
Иргунбей, р. 124
Ирда, р. 82
Иремель, р. 204
Иремельский пр. 203
Иремшанский пр. 81
Ирендык, гора 206
Иретский мыс 380
Ireть, р. 379
Иритемеки, гора 383
Иркут, р. 334
Иркутск 219, 220
Иркутская губ. 82, 110, 124, 192, 219, 274, 333, 379, 484
Иркутский у. 82, 110, 220
Ирландия 61, 64, 179, 180, 192, 265
Иртыш, р. 232, 381, 382, 415
Ис, р. 85, 86, 91, 99, 100—102, 104, 105, 107, 123, 372
Исаклы, дер. 325
Исеть, р. 200
Искандерская вол. 336
Иския 476
Исландия 246, 307, 321, 417, 419, 429, 430, 451—453, 466, 476
Исовский пр. 107
Исовский р-н 107
Исоннух 375
Испайран, р. 383
Испания 94, 114, 144, 179, 180, 185, 192, 244, 261, 265, 293, 314, 418
Исправная, ст. 331
Иссык-Куль, оз. 336
Итабира-до-Матто-Дентро 63, 127
Италия 74, 161, 180, 262, 303, 308, 314, 322, 371, 417, 465, 469
Ифименьский пр. 204
Ихалайси 384
Ичибишинаи, оз. 304
Иш, р. 212
Ишек-Эльди 337
Ишимбаев, о-в 327

Йорк, графство 310

Кабанное, оз. 411
Кава-мас (Kawah-mas), сольфатара 307
Каварт 272
Кавказ 123, 125, 127, 207, 236, 271, 281, 299, 316, 329, 362, 374, 385, 432, 434, 450, 460, 468, 476, 483
Каган, дер. 385
Кагызманский окр. 272
Кадаинский рудн. 274
Кадаликан, р. 220
Кадикс 314
Кадра, р. 215, 217, 378
Кадьяк, о-в 162
Казакевича, пос. 380
Казакова, р. 224
Казаковская россыпь 223—225
Казаковский р-н 223
Казанка, р. 412
Казанская губ. 315, 324
Казанская россыпь (Верхнеуральский у.) 207
Казанская россыпь (Приморская обл.) 230
Казанский пр. 182
Казанский у. 324
Казан-Чункур, рудн. 232
Казань 324, 397
Казахский у. 208, 236, 281, 375
Казнахта (Краснахта), р. 109, 206
Кай 104
Кайданова, дер. 378, 379
Кайтаго-Табасаранский окр. 330
Каква, р. 197, 198
Кал, оз. 329
Калаверас, графство 160
Каламь, р. 213, 291
Калбинские горы 232
Калганов хут. 460
Калиновская россыпь 201
Калифорния 65, 115, 122, 124, 125, 131, 135, 136, 141, 142, 150—152, 154, 159, 161, 164, 165, 167, 188, 247, 248, 250, 309
Калифорния Нижняя см. Нижняя Калифорния
Калифорния Северная см. Северная Калифорния
Калкан, оз. 206, 271
Калмакташский рудн. см. Вознесенский рудн.
Калмыкаевский (Быкогорский) ист. 483
Калмыцкая степь 323, 409
Калташи, дер. 372
Кальвола, окр. 385
Кальгурли 295
Кальджир, р. 233
Кальмиус, р. 194
Кальптер, ледн. 332
Кальтаниссетта 313, 454
Кальчик, р. 194, 373
Кама, р. 196, 237, 270
Камбалина, р. 334
Камбулат, дер. 204
Каменка, р. (Енис. у.) 215
Каменка, р. (Троицкий у.) 197, 205, 372
Каменка Вторая, р. см. Вторая Каменка
Каменка Облейская, р. 108
Каменская дача 270, 376
Каменский з-д 237, 270
Каменушка, р. 107, 381
Каменюшки, м-ние 106
Камерон 65
Камешок, гора 381
Кампанья, окр. 144, 469
Камско-Воткинские з-ды 104, 194
Камчатка, п-ов 111, 231, 239, 250, 275, 334, 410
Камчатка, р. 231, 275, 412
Камчатское м. 334
Камысты-Аят, р. см. Камышлы-Аят
Камышан 206
Камыш-Баши 337
Камышловский у. 201, 328

Камышлы, дер. 325
Камышлы-Аят, р. 383
Кан, р. 218, 219
Канада 115, 151, 156, 188, 265, 355, 360, 362
Канады, р. 232
Кангаласский Камень 335
Кандалакшская губа 235, 236, 267
Каневский у. 373
Канзас, шт. 433, 466
Канский у. 218, 219
Кантигир, р. 377
Канчаланский залив 231
Канчебулган, р. 276
Каньон-Диабло 55, 62, 96
Канья, р. 280
Капакуль, кишлак 383
Капитоновский пр. 107
Капотино 200
Капская колония 349, 356
Капур-Адыр 276
Кара, р. 224, 225
Карабаш, гора 169, 235
Карабетова сопка 483
Карабуг, р. 276, 277
Карабугаз, залив 336, 408
Карабугазский з-д 336
Карабутау 375
Карагай-Кипчакская вол. 206, 207
Карагай-Тау, гора 271
Карагаш-Тубэ (Карагуш), рудн. 271
Каразаргинская россыпь 226
Каракол 336
Караколес 137
Кара-Куль, оз. 337
Каракумская степь 315
Кара-Кумы, пуст. 335
Караламых-Кем 234
Карамышевский второй рудн. см. Второй Карамышевский рудн.
Карангамяки 384
Карандашный увал 376
Карас 147
Караси Нижние, с. см. Нижние Караси
Кара-Соран, уроч. 276
Кара-Су, р. 382
Каратабыно-Баратабынская дача 109
Каратабынская вол. 205
Каратал, р. 111
Кара-Тау, хр. 277, 383
Кара-Тургай, р. 276
Кара-Тюбе, хр. 382
Караурак, р. 229
Карачай, 375
Карашар, р. 206
Каргопольский у. 324
Карийская россыпь 223—225
Кариндж 332
Каринтия (Хорутания) 180
Каркаралинск 382
Каркаралинский у. 233, 239, 276, 281, 382
Карловы Вары 464
Карно, ист. 464
Каролина 145
Карпаты 301, 371
Карсон 309
Карсская обл. 209, 272, 375
Карсский окр. 375
Карташ, п-ов 193
Карттула 384
Кару, гран. масс. 477
Карым-Дуван (Камыш-Баши) 337
Карычлан 290
Каскиновская дистанция 203
Каскиновский рудн. 108, 203
Каслинская дача 202
Каспийское м. 291, 408, 409
Кассаи-Ангола 358
Кассан, р. 233
Кассарское ущ. 375
Кассель 59, 64
Кастель, гора 327
Касьма, р. 211
Катанга 96, 358
Катерино-Никольская, ст. 380
Катмай 429
Катта-Уру-Дарья, р. 337
Каттолико 303
Катунь, р. 209, 212, 238
Каука, р. 113
Каучак, р. 284; см. также Большой Каучак
Кафтар-Кутанское м-ние 330
Кахамарка 247
Качканар гора 99, 102
Качкар 204, 205
Качкарка, р. 204
Качкарская система (Кочкарская система) 152, 204, 205, 235, 237, 372
Качкарское, с. 204
Качкар-Чай см. Кашкар-Чай
Кашгар 182, 337
Кашмир 160
Кашкар-Чай, р. 236, 278, 281, 331
Кашпур 326
Кащеевский рудн. 203, 204
Каэтановка, с. 373
Каянчи, р. 124
Каянчи, с. 212
Квантунский п-ов 161
Кваркенская, ст-ца 207
Кварцханка, р. 271
Кварцханское м-ние 271
Квашова, гора 375
Квебек 149
Квинсленд 145, 147, 154, 255, 287, 290,298
Кегамский ист. 483
Кед 272
Кедабекский рудн. 272
Кедес-Наволок, уроч. 236
Кедровка, р. (Зап. Сибирь) 235, 290
Кедровка, р. (Урал) 108, 163
Кедровская россыпь (Зап. Сибирь) 235
Кедровская россыпь (Урал) 197
Кеды 122
Кёёре, р. 109
Келат (Душат), р. 336
Келатские горы 336
Келецкая губ. 80, 268, 327
Келифа 337

Кельбес, р. 209, 210
Кельбес Средний, р. см. Средний Кельбес
Кельбесская система 209
Кем, р. 412
Кембридж 412, 478
Кемеровское м-ние 385
Кемир-Каин, уроч. 382
Кеммерн 482
Кемпендяй, р. 335
Кемский у. 193, 236, 267, 280, 373
Кемь, окр. 235
Кентукки, шт. 64
Кербь, р. 229, 230
Кербь Нижняя см. Нижняя Кербь
Керетское лесничество 373
Кереть, о-в 193
Кереть, с. 193
Керимяки, окр. 384
Керченский п-ов 326
Керчь-Еникальское градоначальство 326
Кетмен, хр. 276, 382
Кетменка, р. 233
Кивино, п-ов 257, 266
Кига, дер. 374, 375
Киги-чай, р. 375
Киевская губ. 373
Кижская вол. 268
Кизил (Кизыр), р. 219
Кизильташский монастырь 326
Кизыл-Тас 382
Кийкала, окр. 383
Киймимегги 384
Кийская речная система 209, 210
Килауэа 430
Кильдин, о-в 442
Кимберли 349—352, 354—356, 359, 368
Кимбирка, р. 218
Кимито, окр. 383
Кимкан, р. 380
Кингстон 413
Кингс-Уэлл 476
Киндык, р. 383
Кинель р. 325
Кинжал, гора 483
Кин-Хо 183
Киолим, р. 123, 144
Кипакуль, кишлак 382
Киприна, дер. 372
Кипящий бугор, м-ние 335
Киргизская степь 182, 254, 260, 267, 276, 442
Киргиштак, ущ. 383
Киренск 220
Киренский у. 220
Кирилловский у. 324
Киритомедайра 305
Киркслетт, окр. 384
Киркун, р. 224
Кирмартен, графство 180
Киршан, р. 106
Кисил-Балыктахские горы 335
Киско, окр. 277
Кисловодск 483
Кисловодские ист. 483
Кистна, р. 367
Китай 173, 183, 285, 286, 320, 396, 434
Китай Северный см. Северный Китай
Китай Южный см. Южный Китай
Китат см. Золотой Китат
Кихчик, р. 231
Кичик-Алай, р. 337, 383
Кишарамаш 432
Кия, р. 82, 109, 123, 210, 224
Кларк-Каунти 96
Клейнлеберау 172
Клерксдорп 103
Климецкое, оз. 373
Клинтон, графство 63
Кличкинский рудн. 333
Клондайк 150, 151, 159, 164
Ключ, р. (Минус. у.) 238
Ключ, р. (Нерч. у.) 225
Ключевская россыпь 224
Ключевская сопка 334
Ключевский пр. 199, 372
Ключевский второй пр. см. Второй Ключевский пр.
Ключи, с. 328
Ключик, р. 225
Клязьма, р. 412
Княгининский у. 324
Кобальт, г. 131, 169—171, 173, 287
Кобыста 328
Ковали, ст. 380
Ков-Крик 308
Ковынах, ключ 220
Коготун, р. 231
Козин, мыс 231
Козоне 384
Козубаева, дер. 323
Козьмодемьянск 324
Козьмодемьянский рудн. 217, 378
Козьмодемьянский у. 324
Койлик, р. 110, 124
Койсак, р. 109
Коканд 277, 337
Кокандский у. 233, 234, 277, 337, 383
Кокаэс 357
Коква, р. 269
Коквинский Камень 269
Коквинское зимовье 269
Кокел, р. 274
Коке-Тау, горы 382
Кокимбо 250, 251
Коккозы, дер. 326
Кокпекты, р. 382
Кокпекты 382
Кокскер, о-в 460
Кок-Су, р. 233, 277
Коктас, рудн. 276
Кокуртлы см. Кукурт-Тау
Кокчетавский у. 232
Колесников Плес, уроч. 328
Количикон, р. 213
Коллар 367
Коллингууд, графство 279
Колодец, гора 274
Коломбьер на Орбе 464, 476, 478
Колонга, р. 269
Колорадо, шт. 142, 157, 188, 242, 294, 295, 431, 442
Колпакова, р. 231

Колумбия 95, 97, 102, 103, 112, 114, 115, 247
Колчеданский острог 328
Колчин, р. 230
Коль, р. 230
Кольгурла 161
Кольский залив 407
Кольцова ст-ца 226
Колывань 484
Колымский окр. 82, 381
Колючинская губа 231
Командорские о-ва 275
Комаровский пр. 231
Комиссаровский рудн. 209
Комисский разнос 209
Комсток 150, 153, 188
Конго (Бельг.) 95, 262
Конгсберг 129—131, 137—140, 169, 248, 250
Конгсбергское м-ние 169, 192
Кондадо 88, 103
Кондома, р. 109, 211, 273
Кондонга 127
Кондопоги, с. 267
Конев 199
Коневский з-д 328
Кониль 314
Конкарно 408
Коннектикут, шт. 261, 426
Консейсао 103
Консенсион 363
Константино-Еленинский пр. 110
Кончаковский Камень 269
Кончакское, с. 482
Конюховский рудн. 269
Конюхта, р. 273
Копал 336
Копальский у. 233
Копенгаген 397
Копенная, р. 212
Копиапо 242
Копорье, с. 326
Коптяковский рудн. 81, 97, 106, 144, 280
Копьева, дер. 274
Кора, р. 233
Кордильеры 142, 167, 259
Корея 278, 279
Корнваллис 254, 287
Коровина, р. 228
Корокоро 259, 260, 262, 266
Королон, р. 222
Коростышев 373
Коррего 103
Корсунь, с. 373
Корчак, дер. 373
Корычлан, р. 109
Косинские оз. 409
Костин Шар 194, 267
Косынь, ключ 336
Косьва, р. 99; см. также Малая Косьва
Косьвинский Камень 85, 106
Косья, р. 107
Кот д'Ор 464
Котопаха 171, 473
Коттербах 244
Котца, пр. 207
Кочура, р. 109
Кошарка Александровская, с. 374
Кояш, дер. 326
Крайна 247
Кракатао, вулкан 76
Краснахта (Казнахта) 206
Красная Гора 154
Красноводск 336
Красноводский у. 335
Красноволок 267
Красногорский пос. 206
Красное, м. 71, 115, 182
Красноуфимский у. 195, 328
Краснощековский ключ 274
Красноярский у. 218, 274
Красные горы 427
Крейцнах 476
Кремлевский рудн. 200, 201
Крестовоздвиженские россыпи 134, 198, 372
Крестовоздвиженский з-д 280
Крестовоздвиженский окр. 97
Крестовоздвиженский пр. 216
Крестовоздвиженский рудн. 271
Кривой Рог 327, 374
Криппл-Крик 295, 431
Крисуик 451
Кромандельский берег 161
Кронжек, рудн. 328
Кроноцкое, оз. 334
Крумау, 364
Крутенькая, гора 376
Крутой лог 85
Круча, уроч. 374
Кручина, р. 224
Крушихинский рудн. 270
Крылатовский рудн. 201, 328
Крым 319, 326, 432
Крым Старый см. Старый Крым
Крюковский рудн. 209, 235, 238, 273
Ксанага 358
Ксениевские россыпи 223
Кубанская обл. 272, 331, 375, 433, 450, 460, 483
Кубань, р. 375
Кугуртлю, ледн. 331
Кудеинская россыпь 223
Кудечь, р. см. Большая, Малая Кудечь
Кудея, р. 226
Кужуртуйский рудн. 379
Кузедеевский пр. 273
Кузенелигский ручей 124
Кузнецкий Ала-Тау, хр. 211, 212, 377
Кузнецкий окр. 235, 273, 385
Кузнецкий у. 81, 210, 211, 284, 290, 381, 385
Куинсленд см. Квинсленд
Куйнюк, дер. 385
Кукас, оз. 373
Куккола, дер. 384
Куксиева, дер. 207
Куксия, р. 209
Кукурт-Ата, м-ние 336
Кукурт-Ата, оз. 335
Кукурт-Башлар 304

Кукурт-Тау (Кокуртлы), гора 304, 316, 330
Кукуртли, возвыш. 335
Кукушевский рудн. 206
Кулахта 377
Куликем, р. 234
Кули-Меэр, хр. 330
Култуминский р-н 226
Култуминский рудн. см. Преображенский рудн.
Култумушка, р. 226
Кулу, с. 330
Кульгарли 161
Кулюшинский рудн. 203, 204
Кум (Кинжал), гора 483
Кумагорские ист. 416, 483
Кумара, р. 380
Кумачинские горы 205
Кумберленд 363, 370
Кун, гора 63
Кунара 200, 270
Кунашири, о-в 304, 305
Кун-Бьютт 55, 63, 74
Кунгурский у. 372
Кундат, р. 210
Кундравинская ст-ца 204, 377
Кундус-Катын, р. 232
Кундустуюль, р. 210, 250
Кунтугелен, мыс 380
Куониеми 385
Куопиоская губ. 277, 384
Кура, р. 208, 236
Курганова, дер. 201
Курган-Тюбе, бекство 234
Курейка, р. 361
Курейское м-ние 361
Куренга, р. 378
Курильские о-ва 394
Курильское оз. 275, 334
Курка, р. 195
Куркуреу, р. 233
Курлея, р. 226
Курлычи, р. 226
Курляндская губ. 324, 373, 482
Куртатимское ущ. 375
Куртучикем, р. 238
Куртушибинский хр. 110, 219
Курцы, дер. 327
Курчум, р. 232
Куса, р. 202
Кусиева, дер. 207
Кусинская дача 377
Кустанайский у. 232, 383
Кут, р. 379
Кутаис 483
Кутаисская губ. 208, 331, 375, 483
Кутаисский у. 483
Кутим, р. 197
Кутукас, р. 213
Куусамо, окр. 235, 385
Кухтинское зимовье 377
Кухтуй, р. 231
Куца (Куча), г. 264
Кушайка, р. 372
Кушайский пр. 372
Кушвинская дача 107, 198, 376
Кушвинский з-д 195, 268
Куяльницкий лим. 327, 407, 483
Куянды-Булак, р. 382
Кхиут 330
Кхиута-Хох, гора 330
Кхиутское м-ние 322
Кчи-Уру-Дарья 337
Кызас, р. 211, 377
Кызыл-Кумы 233
Кызылтавские горы 276
Кызыл-Эспе, рудн. 239, 276
Кыл (Сеначача), р. 291
Кынзас, р. 381
Кыра, р. 224
Кыры-Бырцы, р. 223
Кыру-Былыринские ист. 470
Кырья, р. 196
Кытлым, р. 107
Кытлым, м-ние 85, 106
Кыштымская дача 169, 202, 376
Кыштымские з-ды 193, 202
Кыштымские россыпи 123
Кыштымский окр. 108, 123, 235, 270, 310, 328
Кюринский отд. 249
Кюряндаг 336
Кюстендиль 181

Ла-Алиседа, ист. 418
Лабинский ист. 483
Ла-Бурбуль, ист. см. Бурбуль
Лаврентия св., залив 231, 380
Ладожское оз. 384
Ладунина, дер. 324
Лама-Бурун 335
Лангур, р. 197
Ландек 476
Ландсберг 245
Лантар, р. 231
Лапландия 111, 194, 234, 291
Лаппаярви, оз. 385
Лардерелло 430, 453, 465, 475
Ларионовский п-ов 49
Ларьковка, р. 197
Лать, р. 198
Лаутайоки 235
Ла-Хата-Каунти 242
Лача, оз. 324
Лая, дер. 98, 107
Лая, р. 198
Лебедкина, дер. 80
Лебедь, р. 110, 212
Левиха, р. 261, 269
Левый Накатами, р. 222
Ледвилл (Лидвилл) 188, 242
Ледовитый океан 407
Лена, р. 220, 335, 380
Ленкоранский у. 329
Ленские россыпи 235
Леоновский пр. 227
Леонтьевский рудн. 280
Леонтье-Николаевский пр. 217
Леопольдсгалл 455
Леппявирта, приход 384
Лепсинский у. 276, 382, 385
Лерез, р. 475

Леркара 313
Леркарское м-ние 313
Лесная, р. 334
Лесть, рудн. 232
Лесы 237
Лечхумский у. 208
Либерия 78
Лигниц 162
Лиговка, р. 412
Лигурские Альпы 362
Лизард 257, 427
Ликата 313
Лиллоэт, окр. 74
Лимб, ист. 463, 464
Линден 327
Линденберг 21
Линевская Песчанка, р. 328
Линкольн 27, 473
Липарские о-ва 300, 305, 307
Липецкий у. 483
Лисий Камень см. Большой Лисий Камень
Лиссабон 368
Листвянка, падь 238, 281
Литиевый, ист. 464
Литке, мыс 231, 380
Литл-Дарлинг-Крик 95
Лифляндская губ. 409, 482
Лихтенштейн 255
Лобва, р. 81, 106, 198, 269
Лобовский пр. 198
Логвинская россыпь 106
Логовская россыпь 269
Лозьва, р. 106, 196
Локсос, р. 106
Локтевский рудн. 273
Ломаная жила 207
Лонгат, с. 272
Лонгбан 280
Лондон 113, 413
Лос-Бордос, рудн. 243
Лосиный о-в 194
Лотарингия 38
Лотерейный пр. 210
Лоухское, оз. 373
Луара, деп. 463
Луизиана, шт. 314, 322
Лукина пр. 226
Лунжак, р. 224
Луспек, с. 375
Льяно 463
Л'Эвек, ист. 455
Людериц, залив 358
Люксембург 38
Люстерин 384
Лютойоки 111, 385
Люцерн 456
Люцон, о-в 264
Люшон 315
Лягушая, р. 209
Ляйель, гора 144
Ляказы, дер. 209
Лякан 337
Лялинская дача 106, 196
Ляля, р. 198
Ляль-Кан 336
Маганади 366
Магдалинская россыпь 197
Магдара, р. 108
Магнитная гора 271
Магнитная, ст-ца 206
Магурка 154
Магыза, р. 211
Мадагаскар, о-в 87, 143, 144, 158, 164, 167, 168, 283, 362, 371
Мадрасский окр. 183
Мадуанские горы 313
Маинский рудн. 274
Майдан-Тал, р. 383
Майджукана, рудн. 247
Майкопский отд. 331
Майкопский р-н 460
Май-Копчегай, р. 233
Майли-Су, м-ние 337
Майн, р. 412, 413
Макарова, дер. 200
Макарьевский рудн. 335
Македония 180, 185, 311
Маковеевские ист. 484
Макушинский залив 265
Малага 298
Малаккский п-ов 183
Малая Азия 180, 181, 191, 416
Малая Бахта, р. 378
Малая Быстрая, р. 333, 379
Малая Дытына, р. 214
Малая Имянная, р. 107
Малая Киселица, ист. 416
Малая Косьва, р. 106, 196
Малая Крутоярка, р. 108
Малая Кудечь, р. 224, 225
Малая Мурожная, р. 215
Малая Вясьма, р. 197
Малая Осокина, р. 107
Малая Пенченга, р. 110
Малая Простокишенка, р. 91, 102
Малая Смелянка 373
Малая Сольва, р. 106
Малая Тайла, р. 211
Малая Теляна, р. 199
Малая Урюмская россыпь 299
Малеевский пр. 209
Малиновка, р. 196
Малка, р. 332
Малмалта, р. 380
Малмыж 194
Малмыжский у. 194
Малое, м. 379
Мало-Мостовская россыпь 269
Мало-Тыново, с. 231
Малые Коты, р. 220
Малый Агул, р. 219
Малый Алгиак, р. 234
Малый Амазар, р. 225
Малый Балхан, хр. 335
Малый Бирикуль, р. 210
Малый Ингул, р. 218
Малый Кельбес, р 381
Малый Колычан, р. 212
Малый Кызас, р. 211
Малый Олдой, р. 110
Малый Патом, р. 220

Малый Покап, р. 102
Малый Пуй, р. 197
Малый Рефт, р. 201
Малый Роог, о-в 327
Малый Сархой, р. 274
Малый Сыр, р. 274
Малый Сыр, улус 274
Малый Урюм, р. 225
Малый Хайлык, р. 110, 124
Малый Хинган, хр. 229, 275, 380, 381
Малый Чирок, р. 107
Малый Чукан, р. 381
Малый Шаарган, р. 216, 217
Мальдон 241
Мама, р. 380
Мамбетова, дер. 207
Мамон, р. 217, 281
Мамын, р. 110
Мана, р. 218, 219, 291
Мангарыр-Хай, гора 335
Манджурка, р. 228
Манзанита, рудн. 142
Маннгейм 160
Манче 247
Манья, р. 109, 273
Маразы 329, 460
Марбург 436
Маргеланский у. 233, 277, 383
Маргеланский хр. 337
Марие-Афанасьевский пр. 210
Мариенберг 289
Мариинка, р. 201
Мариинские горы 369
Мариинский з-д 376
Мариинский ист. 433, 460
Мариинский окр. 158, 273
Мариинский пр. (Ачинский окр.) 274
Мариинский пр. (Енис. губ.) 111, 291
Мариинский пр. (Троицкий у.) 108
Мариинский у. 82, 109, 209, 210, 284, 381
Марипоза, графство 151
Мариупольский у. 144, 373
Марич, р. 231
Маркирх 172
Мартапера 345, 357
Мартиника, о-в 429, 451
Мартьян, р. 100, 102
Мартьяновская россыпь 108
Масельга, дер. 80
Массачузетс, шт. 360
Маточкин Шар 194
Матто-Гроссо 132, 187
Мауна-Лоа, вулк. 430
Махач-Калинская группа 330
Махинджаури, с. 483
Махинджаурские ист. 483
Мацеста, ст. 332
Машавери, р. 208
Машкянд, с. 376
Мая, р. 275
Медвежий о-в 139, 140, 172, 194, 236, 267
Меджгерская россыпь 372
Медзяная гора 80, 236, 268
Медная, гора 276
Медная, р. 80, 265, 269
Медное, зимовье 269
Меднорудная, р. 265
Медный, мыс 275
Медный, о-в 275
Медный, п-ов 267
Мезенский у. 373
Мезьер, ист. 418, 464, 465
Мейден-Рок 61
Мейера, рудн. 239
Меймак 287, 288, 293
Мексика 63, 79, 96, 112, 138, 144, 147, 149, 150, 156, 172, 186, 244, 262, 265, 279, 280, 283, 307, 311, 312, 322, 363, 370, 371
Мексика Новая см. Новая Мексика
Мексиканский залив 479
Мексиканское плоскогорье 70
Меллемфиорд 54
Мельбурн 284
Мельк 346
Мельковская россыпь 279
Мельниково, ст. 383
Мельникова, хут. 468
Мельничная, р. 372
Ментсела, окр. 384
Меренли, уроч. 323
Мерионет, графство 156
Мерисси 272
Мерседес 255
Мертвое м. 312
Мертенс, мыс 231
Мехержинцево, с. 373
Мехман, уроч. 375
Мечетный лим. 323
Мечигменская губа 231
Мечниковский рудн. 203
Миасс, р. 202—204
Миасская дача 108, 202—204
Миасские россыпи 104, 123, 284
Миасский з-д 284
Миасский окр. 122, 123, 158, 271
Миасский пр. 204
Миддельбург 155
Мидлсбро 425
Миднапура 126
Миксие 454
Милах, дер. 209
Милешов 154, 296
Миллюпуро 235
Милос, о-в 307
Мильонный Ключ 227
Минас-Жераис, шт. 88, 96, 102, 103, 126, 127, 144, 155, 157, 187, 341, 355, 357, 358, 368
Миндяк, р. 206
Миндякская дача 206, 207
Миннесота, шт. 255, 258, 262, 478
Минусинский окр. 273, 377
Минусинский у. 82, 110, 124, 218, 219, 238, 274, 377, 409, 483
Мирзабек, уроч. 335
Мис-Даг, гора 272
Миссури, шт. 433
Мисханский з-д 272
Митрофанова, р. 210
Митрофановский рудн. 232

Миттвейде 259
Миусский окр. 194, 236
Михайло-Архангельский рудн. 207, 269
Михайловская россыпь 110
Михайловская ст-ца 331
Михайловский ист. 416
Михайловский пр. (басс. Б. Анзаса) 218
Михайловский пр. (по р. Олонокону) 214
Михайловский рудн. (Качкарская система) 237
Михайловский рудн. (Семипалат. обл.) 382
Михайловское, с. 205
Мичиган, шт. 257, 263, 266, 312, 371
Мичипикотен, о-в 257
Мичоакан 244
Миястовский пр. 109
Могзон, стр. 250
Могох, с. 330
Могохский хр. 330
Могохское м-ние 329, 330
Могоча, р. 378; см. также Большая Могоча
Могоча, ст. 378
Могоча-Дамбуки, водораздел 381
Моддер, р. 354
Модум, кол. 476
Моздок 208
Мозер-Лод 151
Мойнакское оз. 327, 482
Мокеевский пр. 333
Моклакан, р. 382
Мокрый Лог 381
Молво, р. 220
Молдово 254
Молиагул 136
Молоновские ист. 484
Молочная, р. 325
Молочное, оз. 325
Мольтено, россыпь 356
Монблан, гора 470
Монголь, р. 228
Монетная дача 270, 372
Мон-Пеле, вулкан 429
Монреаль 296, 298
Монс 467
Монсури 472
Монтана, шт. 138, 141, 155, 188, 279
Монте-Амиата, ист. 469
Мончал Дибан, р. 220
Монюментал-Майн 136
Моравия 280, 369, 370
Морган, гора 147
Моренси 141
Моркваши 324
Моро-Вельо 154
Морозовский улус 274
Мортенсби 384
Москва 89, 194, 324, 397, 398, 412, 416, 419, 471, 472, 482
Москва, р. 412
Москвинский пр. 209
Московская губ. 162, 194, 324, 409, 482
Московский пр. 109
Московский промысел 284
Московский у. 194, 324
Мостовая, р. 200
Мостовский пр. 372
Мофьорд 407
Мочалин Лог, р. 202
Моэро, оз. 349
Мрас-Су (Мрасса), р. 109, 124, 211, 284, 290
Мрасские россыпи 81
Мугоджарские горы 195
Муйт, р. 209
Мук-Су, р. 233
Мулдакаевская россыпь 123
Мулдакаевский пр. 109, 204
Муравьевский ист. 482
Мургул-Су, р. 329
Мургульское ущ. 272
Мурджикские горы 276
Мурзинская площадка 201
Мурман 407, 442
Мурожная, р. 82, 216, 217, 274; см. также Большая, Малая Мурожная
Муром 162, 194, 267
Муромский у. 194, 267
Мурчисоновы горы 154
Мустасаари 384
Мухи, р. 331
Мухина, пустошь 324
Мухравани, с. 332
Мушкетова, вулкан 222
Мцхета, с. 483
Мцхетские ист. 483
Мыз, дер. 194
Мыкчанда, р. 274
Мын, р. см. Верхний Мын и Нижний Мын
Мырген, р. 230
Мыска, гора 450
Мыс-Тау, гора 264, 276
Мьюлга 95
Мэнтиваар 277
Мэнтихарью, окр. 384
Мэриленд 149
Мюгельзее, оз. 413
Мюльгаузен 63
Мюнхен 398

Наваги, с. 329
Наваринская, ст. 206
Нагиаг 147, 171, 294, 295, 311
Нагольный Кряж 194, 236, 249, 250
Нагорная россыпь 201
Нагорный пр. 228, 328
Надежда, рудн. 195, 268
Надеждинская россыпь 123
Надеждинский з-д 269
Надеждинский рудн. 271
Надеждо-Николаевский пр. 291
Надо, р. 231
Надпорожинский рудн. 199
Наездник, бухта 230
Наела, р. 204
Наелая гора 203

Наелинское м-ние 204
Назямская гора 377
Найденка, падь 382
Найма, р. 212
Накатами, р. 82, 221
Накатами Левый, р. 222
Наки-Меэр 329
Нальчикский окр. 272, 332, 416, 435
Намаква 260
Намама, р. 275
Намана, р. 335
Наманган 337
Наманганский у. 233, 277, 337
Намафьялл 453
Нам-Желга, р. 379
Наралинские горы 108, 109
Нараменский ключ 123
Нарзан, ист. 483
Наруджа, ущ. 375
Нарымский хр. 232
Нарын (Пржев. у.) 382
Нарын, р. (басс. Джиды) 379
Нассфельд 185
Наугейм, ист. 476
Наукат, м-ние 264
Наукатская переправа 277
Нахичеванский у. 208, 333, 376, 385
Находкинский рудн. 230
Нахтуйские россыпи 281
Начики, острог 334
Наэ, р. 245
Неаполитанский залив 406
Неаполь 307, 431, 475
Нева, р. 318, 411, 412
Невада, шт. 96, 153, 160, 168, 188, 247, 295, 309
Невьянск 123, 149, 154, 199, 328
Невьянская дача 372
Невьянские з-ды 108
Невьянские россыпи 111, 123, 279
Невьянский окр. 104, 122, 199, 280
Невьянский рудн. 135, 328
Негаданная, россыпь 221
Нейбург 415
Нейва, р. 108, 199, 200
Нейвинская россыпь 199
Нейвинско-Столбинская россыпь 199
Нейво-Рудянск, ст. 200
Нейенгамм 455, 466
Ней-Стасфурт 455
Нейшлот 384
Нельды, гора 275
Немецкая гора 212
Немецкая Юго-Западная Африка 349, 358, 369
Немецкое м. 439; см. также Северное м.
Немилен, р. 229
Нерис, ист. 418, 464, 465, 467, 477
Нерпичье, оз. 410
Нерпь, р. 220
Нерчинские рудн. 238, 291, 310
Нерчинский окр. 165, 223, 225, 239, 291, 299, 333, 483
Нерчинский у. 223, 224, 274, 281, 378
Нерчинско-Заводский окр. 238, 484
Нерчинско-Заводский у. 223, 226
Нерчь, р. 224, 225, 238
Несветай, р. 194
Несиерви, оз. 385
Нечаянный, рудн. 155
Нечера, р. 220
Ниагара, вод. 371
Нигранда, мыза 324
Нида, р. 327
Нижегородская губ. 324
Нижне-Борзинский р-н 226
Нижне-Исетская дача 159
Нижне-Исетский окр. 376
Нижне-Кумачинская россыпь 123
Нижне-Мариинский пр. 214
Нижне-Миасский пр. 111.
Нижне-Селемджинский р-н 229
Нижне-Тагильск 97, 102, 122, 260
Нижне-Тагильские пр. 100, 104, 108, 111, 114, 123, 269
Нижне-Тагильский з-д 195
Нижне-Тагильский окр. 81, 90, 91, 93, 97, 98, 103, 107, 114, 198, 199, 237, 269
Нижне-Туринск 81
Нижне-Туринская дача 199
Нижне-Туринский окр. 123
Нижнеувельская, ст. 204
Нижнеувельское м-ние 204
Нижнеудинский у. 110, 124, 219
Нижние Караси 271
Нижний Бальджир 224
Нижний Мын, р. 229
Нижний Севагликон, р. 217
Нижний Тагил 88, 97
Нижний Тауз, ручей 272
Нижний Тогузак, р. 206
Нижняя Калифорния 149, 262
Нижняя Кербь, р. 230
Нижняя Талица, р. 198
Нижняя Теректа, р. 212
Нижняя Терсь, р. 109, 123, 211, 284
Нижняя Тунгуска, р. 361, 378
Никитовка 194
Никито-Ивдель 196
Никито-Павдинская россыпь 144
Никозия 313
Николаевка, с. (Тавр. губ.) 374
Николаевка (Терская обл.) 450
Николаевский второй рудн. 218
Николаевский пр. (Енис. губ.) 216
Николаевский пр. (Иркутская губ.) 220
Николаевский пр. (по р. Мамону) 217
Николаевский пр. (Оренб. губ.) 109
Николаевский пр. (Пермская губ.) 196
Николаевский пр. (Южн. Урал) 206
Николаевский промысел 182
Николаевский рудн. (Миасская дача) 204
Николаевский рудн. (Семипал. обл.) 232
Николаевский рудн. (Томская обл.) 237, 273, 334
Николаевский у. 326
Николае-Павдинская дача 106
Николаи, рудн. 239
Николо-Ивдельская россыпь 158

Николо-Павдинский (Николае-Павдинский) окр. 196, 197
Николо-Святительский пр. 372
Никольский ключ 196
Никольский рудн. 206
Нилан, р. 229, 230
Ниловские воды 484
Ниман, р. 229
Ниманская система приисков 229
Новая Белокуриха, ист. 484
Новая Бискайя 172
Новая Гвинея 79
Новая Гренада 114, 400, 453
Новая Зеландия 27, 65, 74, 87, 95, 141, 145, 147, 156, 161, 163, 165, 241, 242, 246, 247, 279, 285, 466, 473
Новая Земля 194, 236, 267, 323, 442
Новая Мексика, шт. 149, 150, 174, 261
Новая Шотландия 154
Новгородская губ. 194, 324, 409, 410, 482
Новикова, дер. 381
Ново-Анатольевская россыпь 123
Новобаязетский у. 272
Ново-Великониколаевский рудн. 219
Новоград-Волынский у. 373
Ново-Зерентуйский рудн. 238, 291
Ново-Мариинский пр. 110
Новосильцева, мыс 231
Новотроицкие россыпи 223, 225
Новотроицкое, с. 225
Новоузенский у. 326, 433, 455, 460, 468
Новые Арасанские ист. 336
Новый Свет 79, 172, 321
Новый Сокольный рудн. 209
Новый Южный Валлис 85, 89, 136, 154, 165, 356, 369
Ногайтуй, хр. 378
Нойба, р. 110, 213, 214
Нолинский у. 194
Номэ, мыс 150, 231
Нонама, м-ние 113
Норвегия 64, 137, 156, 288, 407, 428, 463, 476
Норильские горы 274, 377
Норра-Ведбо 59, 63
Нортон 434
Ноттиваара 277
Нубия 162
Нуолиниеми 384
Нура-Тау, хр. 383
Нуратинские горы 383
Нухинский у. 331, 416
Ныгри, р. 220, 221, 235, 382
Нью-Брунсвик 466
Нью-Гемпшир 64
Нью-Джерси, шт. 64, 261
Нью-Йорк 312, 365, 480
Нью-Кумнок 363
Ньюленд 349
Нюкжа, р. 220
Нюландская губ. 384
Нюрундукан, р. 220
Някорнак 54, 55
Няндома, ст. 324
Няндони, р. 223
Нясьма, р. 106
Нясьминская россыпь 198

Оахако, шт. 186
Обер-Мошель 245
Облуковина (Оглукамена), р. 231
Обще-Верх-Нейвинская дача 200
Обь, р. 415
Овернь 61, 312
Овифак см. Уифак
Овручский у. 373
Огайо, шт. 262, 266, 454
Огнё, р. 111, 213, 214
Огневка, р. 214
Огненная Земля 161, 163
Одер, р. 412, 413
Одесса 398, 483
Одесский у. 327
Оджа, р. 234
Один-Дрифт-Майн, рудн. 248
Ожеговцы, с. 323
Озерная, р. 334
Ока, р. (басс. Ангары) 110, 220, 274, 334, 379
Ока, р. (басс. Волги) 162, 194, 267
Оклахома см. Северная Оклахома
Октиббега 53, 62
Октокит, р. 275
Октолик, р. 158
Ола, р 231
Олга, р. 229
Олдой, р. 110, 228; см. также Большой Олдой
Олё, о-в 365, 383
Олекма, р. 220, 250, 382
Олекминская система 220
Олекминский окр. 220
Оленкой, р. 231
Оленья Травянка, р. 198
Оливин, гора 355
Олигер (Ольгур), падь 334
Олкала, ст. 384
Оллончимо, р. 214
Олово, ист. 416
Олонецкая губ. 194, 236, 267, 315, 324, 359, 371, 373, 385
Олонецкий у. 374
Олонокон, р. 213, 214
Ольгино, им. 373
Ольгинский пр. (Минус. у.) 219
Ольгинский пр. (Урал) 206, 372
Ольговка, р. 206
Ольговский рудн. 269
Ольдокон, р. 228
Ольтинский окр. 375
Ольховка 379
Ольховка, р. (Ачинск. у.) 219
Ольхон, о-в 379
Ольшевского пр. 237
Олюторск 334
Омапере, оз. 246
Оменика, окр. 173 248
Омутная, р. 81, 86, 108
Онда, р. 267
Онежаны, дер. 268
Онежский у. 194, 236

Онежское оз. 373
Онон, р. 163, 223, 224
Онот р. 82, 103, 110
Онсокули, с. 330
Онтарио, 59, 65, 147, 154, 169, 258, 287, 466
Опук, гора 326
Оравица 154
Оранжевая, р. 349
Оранжевая респ. 368
Ордубадский р-н 272
Орегон, шт. 65, 115, 122, 133, 134, 150, 161
Орель, оз. 230
Оренбург 398
Оренбургская губ. 81, 108, 111, 123, 195, 202, 235, 237, 271, 284, 328, 372, 377
Оренбургского Казачьего Войска земли 202, 206, 207,
Оривези 385
Ориерви 277
Оризаба 311
Орлово-Надеждинская россыпь 123
Орловская губ. 325
Орловский рудн. 204
Орон, оз. 378
Орский у. 109, 207, 377
Ортон, р. 211, 284, 381
Орулиха, р. 107
Орь, р. 195, 232
Осейка, р. 204
Осиновая, р. 274
Осташковский у. 195
Ост-Индия 286
Остри-Су, р. 375
Острый Бугор 194
Отаго 145, 156
Отахчи-Тахнали, с. 375
Отрадный пр. 210
Оуэн, россыпь 241, 242
Офир, рудн. 131
Оффенбания 147
Охотский окр. 275
Охотский у. 231, 380
Охотское м. 231
Охчи-Чай 272
Ошский у. 233, 235, 277, 337
Ошуркова, дер, 328

Павелец 325
Павловка, хут. 375
Павловск 268
Павловские ист. 416
Павловский рудн. 199, 237, 269, 274
Павлодарский у. 276, 335
Павло-Петровский пр. 109
Пагуа, ист. 27, 473
Падуя 69
Падья, р. 334
Пайк, графство 355
Пактола, р. 191
Палатина 436
Паленая Луда 193
Палермо, пров. 313, 399
Пальсиной, р. 234, 385
Памир 183, 337, 338
Памирская вол. 338
Пангей 180
Паней, гора 480
Папандаян 307, 429
Парагвай 77
Парагуассу, р. 358, 359
Паралагай, о-в 291
Парапара, россыпь 279
Парахиба, шт. 95
Паргас, о-в 383
Пари 256
Париж 114, 125, 397, 415, 472
Парконэ 384
Парла 436
Парьегубский залив 236
Пасвиг, р. 371
Пассагем 155
Пассау 364, 370
Патерно 432, 454
Патмозеро 268
Патом см. Большой Патом
Патомское нагорье 221
Паутын, с. 380
Пашийская дача 198
Пейзас, р. 284
Пейзасская (Пезасская) россыпь 109, 284
Пекла, сопка 483
Пектыш, р. 198
Пеле 451
Пендер, о-в 433
Пенсильвания, шт. 346, 456
Пенченга, р. 215; см. Большая, Малая Пенченга
Пераис 383
Перво-Андреевский рудн. 203
Первоблагодатный рудн. 237, 269
Перво-Павловский рудн. 203
Первый Салаирский рудн. 212
Пергуба 195
Перджине 431
Пердуниха 193
Перевальная, р. 224
Переволок, с. 326
Перекопский у. 326
Пермская губ. 80, 81, 106, 111, 123, 166, 182, 195, 196, 235, 236, 268, 284, 328, 371, 376
Пермский у. 100, 107, 237, 371
Перниче 313
Пернов 482
Персидский залив 79
Персия 79, 285, 321
Пертикара 314
Пертское оз. 268
Перу 79, 112, 140, 172, 186, 247, 254, 280
Перувези, оз. 384
Пескина, р. 216, 217
Пестеровский пр. 310, 312, 334
Пестово, оз. 410
Пестуново, с. 482
Песчанка, р. 278, 280
Песчаное, с. 373
Петенева, дер. 212

Петербург 398, 411, 441
Петербургская губ. 326
Петергофский у. 326
Петра Великого залив 381
Петра Великого хр. 277
Петровка (Фомиха), р. 212
Петровка, россыпь 110
Петрово, с. 374
Петровск 316, 330
Петровская (Темирханшурская) группа 329, 330
Петровский рудн. (Алтай) 212, 234, 237
Петровский рудн. (Верх-Исет. дача) 376
Петровско-Разумовское 472
Петрозаводский у. 268, 373
Петроградская губ. 268
Петропавловск 87, 269
Петропавловская, р. (приток Лозьвы) 106
Петропавловская россыпь (Томская губ.) 81, 250
Петропавловская россыпь (Урал) 197
Петропавловский окр. 269, 380
Петропавловский пр. 109
Петропавловский пр. (Мариинский у.) 210
Петропавловский пр. (на М. Шаргане) 216, 217
Петропавловский рудн. (Златоуст. горн. окр.) 235
Петропавловский рудн. (Троицкий у.) 203, 204
Печенгская губа 371
Печерское, с. 326
Печище, р. 273
Печора, р. 196
Печорский у. 194, 196, 450
Пизаро, оз. 385
Пинчовский у. 327
Пиотрковица 328
Пирдаунский рудн. 272
Пиренеи 179, 191, 362, 478
Пиренейский п-ов 161, 180
Пит, р. 110; см. Большой Пит, Сухой Пит
Питателевский пр. 198
Питкаранта 239, 277, 291, 384
Питсбург 432
Пихьялакс 384
Пичугина, р. 109
Пиэлис, приход 277
Пласер, графство 160
Плимут 360
Пломбьер, ист. 418
Пломбьер Вокелен, ист. 418
По, р. 480
Повенец 80, 267
Повенецкий у. 194, 268, 359
Поволжье 315
Погост Средний см. Средний погост
Подгоры 326
Подкаменная Тунгуска, р. 111, 213, 215, 378
Подлопатки, с. 274
Поднебесный, рудн. 378
Подольская губ. 374
Подсургучная, шахта 270
Покап, р. 107
Поклевского, россыпь 205
Покровский рудн. 269
Полевская дача 81, 108, 270
Поликарповка, р. 228
Поликарповская ст-ца 380
Полинезия 79
Полис, уроч. 233
Половинный рудн. 268
Положиха, р. 372
«Полтава», пр. 81
Полтавская губ. 195
Полуденка 372
Полуденная, р. 198
Полуденный Мурюк, р. 219
Полудневая, р. 106
Польша, 80, 236, 268, 280, 327
Поляковские горы 206
Поляковский рудн. 206, 270
Помпеевка, с. 380
Понто 305
Поперешня, р. 385
Поповка, с. 374
Попокатепетль, гора 307
Поползуха, дер. 195
Порас 244
Поркала 384
Поркупайн 154
Порожная, р. 199
Порозовский рудн. 268
Порозовская шахта 268
Поронай (Хоронай), р. 231
Порпец 126
Портедж, р. 162
Португалия 180
Порховский у. 325, 482
Потоси 173, 186
Поццуоли 307, 308, 451
Почвенная, р. 218
Почток, р. 196
Почь, р. 323
Преградная, ст. 331
Предтеченская россыпь 221
Предтеченский приказ 323
Предуралье 237, 270
Премье, рудн. 350
Премьер-Егерсфонтейн, рудн. 349
Преображенский пр. 124
Преображенский рудн. 152, 200
Преображенский рудн. (Качкарская система) 237
Преображенский рудн. (Култуминский) 226
Преображенский рудн. (Нерч.-Зав. окр.) 238
Пресноза-Сангве-де-Кристо, рудн. 311
Претория 345, 349, 350
Прибайкалье 379
Приенисейский кряж 218
Приканавный пр. 53, 55, 81
Приморская обл. 183, 229, 231, 239 250, 275, 334, 380, 381
Пришибинское, с. 329
Пробойный, рудн. 200
Провидения, залив 231

Прокофьевская россыпь 123
Прокофьевский ключ 109
Пропащая, губа 267
Пророко-Ильинский пр. 211, 235
Простокишенка, р. 107
Прошовицы 328
Прямая Тайна, р. 226
Псекупс 460
Псекупские ист. 433
Псиф, р. 331
Псковская губ. 325, 482
Псковское оз. 409, 410
Пуап 94
Пудож 374
Пудожский у. 373
Пузун-Сари, о-в 384
Пунков лог 108
Пуно, деп. 247
Путинцевский пр. 209
Путкозеро 268, 359
Путятин о-в 231
Пфорцгейм 315
Пшарт, перевал 338
Пыскорские рудн. 270
Пыскорский з-д 270
Пышма, р. 201, 270
Пышминско-Ключевский рудн. 200
Пьемонт 180
Пьяна, р. 324
Пьяноярская ст-ца 381, 382
Пюи-де-Дом, деп. 312
Пялозерский рудн. 236, 267
Пянджистан (Памир) 183
Пясина, р. 274
Пятигорские ист. 416, 483
Пятигорский отд. 332

Равен-де-ла-Крэ 312
Рагедара 364
Радобой 304
Радомская губ. 328
Райгородского, ледн. 383
Ракальмуто 303, 313
Рамеевский рудн. 207
Рамзай, гора 288
Растесская дача 106, 196
Ратлснейк, рудн. 247, 250
Ратоос, горы 96
Ратуга (Радуга), р. 231, 275
Раутенберг 280
Рахилевский пр. 123
Ребинджан 321
Ребиновский рудн. 270
Ревдинская дача 157, 200, 376
Ревдинский окр. 376
Редкинский пр. 199
Ред-Хиллс 64
Редьянг-Лебонг 155
Реж, р. 80, 372
Режевский з-д 200
Резбания 289
Рейкьялид 451
Рейн, р. 103, 160, 161, 179, 181, 245, 412, 413
Рейсуико 304
Рейхенштейн 145
Ренкеваара, гора 384
Рено 309
Риверсдаль 355
Ривьер-Бланш 429
Рига 318, 396, 436
Риддерский рудн. 209, 237, 273
Риддлс 64
Рижское побережье 409
Рикуху, пров. 305
Рим 480
Римская империя 112
Римский, ист. 464
Римское государство 161
Римского-Корсакова, о-ва 381
Ринг, р. 242
Рио-Абаэтэ, р. 85, 102
Рио-дас-Вельяс, р. 127
Рио-де-Жанейро, шт. 371
Рио-до-Кармо, р. 127
Рио-ла-Плата, р. 85
Рион, р. 160
Ристиина, окр. 384
Ритенбек, окр. 54, 66
Ровенский у. 373
Ровно 64, 65
Род-Айленд 339, 360, 371
Родайто, м-ние 248
Родезия 166, 349
Рождественский пр. (р. М. Ингул) 218
Рождественский пр. (Троицкий у.) 108
Роза, рудн. 170
Ройал, о-в 257, 266
Роланг, оз. 59, 63
Романов 270
Романовка, дер. 373
Романья 303, 314, 322
Росилья, рудн. 250
Россия 111, 114, 115, 124, 136, 152, 162, 188, 189, 192,193, 196, 242, 250, 261, 267, 288, 290, 299, 316, 322, 323, 360, 371, 372, 385, 396—398, 412, 413, 434, 450, 459, 460, 468, 472, 482; см. также Европейская, Средне-Азиатская и Степная Россия
Рось, р. 373
Ротгорн 480
Рошбель, копи 434
Руайа 429
Руби-Майн, рудн. 155
Руве 95
Рудиковка, р. 216
Рудник (Рудница), падь 334
Рудные горы 140, 185, 289, 292, 362
Румыния 425, 432, 452, 455
Русский о-в 49, 381
Рушан, бекство 234
Рыбная, р. 215, 217, 378
Рысаева, дер. 271
Рязанская губ. 325

Саба, о-в 302
Савакара, дер. 272
Сагарнага 287
Сагурамо-Глданское лесничество 208
Садонский рудн. 272, 299
Сазаган, кишл. 383

Сайтанда, гора 276
Сакалья, р. 376
Саки 482
Сакмара, р. 109
Сакрыл, оз. 433
Саксония 64, 140, 160, 171, 185, 259, 288, 289, 292, 293, 298, 363
Саксыр, р. 110
Сак-Элга, р. 108, 328
Сак-Элгинские выселки 202
Сала 245
Салаир 212
Салаирские рудн. 238, 273
Салаирский кряж 211, 212
Сала-Тау, хр. 330
Салатинский хр. 105
Салда, р. 81, 107, 198, 199
Салобро, м-ние 368
Сальский окр. 323
Самара 325
Самара, р. 275
Самарканд 321, 336
Самаркандская обл. 233, 336, 382, 383
Самаркандский у. 336, 382
Самарская губ. 268, 315, 325, 416, 433, 455, 460, 468, 482
Самарская Лука 326
Самарский у. 325
Самбальпур 366
Самсон, рудн. 297
Самурский окр. 330
Самчик 373
Сан-Антонио, р. 96
Сан-Антонио-дель-Потреро-Гранде 242
Санарка, р. 54, 81, 142, 372
Санарский рудн. 271
Сан-Биаджо 454
Сан-Венерино 454
Сан-Гвильермо, рудн. 279
Сан-Гисепп, рудн. 164
Сангыз-Сой 81
Сан-Доминго 125
Сан-Жозеф, ист. 418
Сан-Жуан-де-Чапада 357
С.-Петербургская губ. см. Петербургская губ.
Сан-Пауло 255, 355
Сан-Франциско 140, 368
Сан-Хуан, пров. 102
Сан-Хуан, р. 103
Санта-Аполония 247
Санта-Барбара 309
Санта-Катарина 53, 59—62, 71
Санта-Круц 154
Санталаш, р. 233
Санта-Роза-де-Орос 95
Санта-Фиоре 469
Сантеней 418, 464, 465
Санторино 451
Сант-Яго 244
Сао-Фиделис 341
Сарал, р. 218
Саралинская группа м-ний 218
Сарапульский у. 194
Сарафановкий пос. 377
Сараха, р. 110
Сарбулак, ключ 232
Сарвада 336
Сардиния 181, 265
Сарма, р. 220
Сарпинские оз. 409
Сарыбийк, уроч. 276
Сары-Булак, уроч. 382
Сарык-Узен, р. 276
Саук-Су (Соук-Су), р. 233, 234, 277
Сафет-Дарья, р. 234
Сахалин, о-в 231, 385
Сахара 74
Сванетия 208
Светлая, р. 275
Свидь, р. 324
Свощовице 314, 315
Св. Петра, ист. 416
Святогорский мон. 410
Свято-Ивановский пр. 109
Свято-Иннокентьевский пр. 82, 222
Святой Нос 378
Святой, о-в 291, 329
Свято-Макарьевское м-ние 233, 239
Свято-Троицкий рудн. 270
Святочудовский рудн. 270
Святуха, залив 268
Севагликон, р. 111, 158, 213—215, 274, 378
Севастополь 249
Севенны 179, 191
Северная дача 328
Северная, дер. 199
Северная, р. 198
Северная Азия 182
Северная Америка 62, 141, 147, 150, 158, 162, 167, 188, 254, 261—263, 265, 279, 285, 360, 365, 371, 433, 434
Северная Африка 359
Северная Индия 183
Северная Испания 475
Северная Калифорния 64
Северная Каролина, шт. 129, 310
Северная Нигерия 282
Северная Оклахома 467
Северная Сосьва, р. 209, 273
Северная Ушайка, р. 211
Северное м. 399, 405, 406, 442, 449
Северно-Заозерская дача 106, 197
Северный Атлантический океан 407
Северный Китай 78, 311
Северный Ледовитый океан 265, 442
Северный Саскачеван, шт. 63
Северный Урал 144, 158, 254, 259, 269
Северо-Екатеринбургский окр. 200
Северо-Енисейский окр. 213, 214
Северо-Западный край 410
Северская дача 201
Седими, бухта 381
Седловатый, о-в 236, 407
Сееминки, окр. 384
Сезар, ист. 418, 464
Сейлихем, р. 110, 124
Селати 154
Селемджа, р. 227, 229
Селемджинский р-н 228
Селенга, р. 223
Селенгинская Даурия 379

Селенгинский у. 223
Семейкино, с. 325, 326
Семеновский бугор 236, 249
Семеновский рудн. 209, 212, 235, 237, 238, 273
Семиградье 185, 432, 434
Семипалатинская обл. 182, 232, 239, 264, 276, 281, 335, 382, 385
Семиреченская обл. 111, 233, 276, 336, 382
Семь, р. 229
Сена, деп. 463
Сена, р. 412, 424, 463, 464
Сена и Луара, деп. 463
Сенакский у. 331
Сеначача (Кыл), р. 291
Сенга 78
Сенгеликорт (Серная вершина), гора 331
Сен-Дени 415
Сен-Джест 254
Сендуй, р. 226
Сенегал 78
Сенегал, р. 181
Сенияз, р. 327
Сен-Михельская губ. 384
Сенташ, р. 182, 232
Сент-Джонс, р. 78
Сент-Мари-о-Мин, рудн. 297
Сенявино, с. 274
Серак-Салахи, уроч. 277
Сербия 185
Сергиевск 325
Сергиевские ист. 397, 416, 482
Сергиевский пр. 212, 215
Сергинское, с. 328
Сергиопольская, ст. 382
Сердоболь 384
Сердобольский у. 235, 291, 384
Сердце-Камень, мыс 231
Серебряная, р. 198, 372
Серебрянка, р. 163
Серебрянская дача 198
Середмекренское, с. 323
Середьпогостная (Средний Погост), дер. 323
Серингпатам 427
Серлих, р. 234
Серная вершина см. Сенгеликорт
Серная, гора (Симб. губ.) 326
Серная, гора (Нерч. окр.) 333
Серная, р. 334
Серноводск 325
Серный городок 325, 326
Серра-дас-Лаврас 358
Серро 88, 103
Серро-Бокон 242
Серро-Ирро, горы 103
Сетерсдаль 463
Сетунь, р. 412
Сиббо, окр. 384
Сибирь 49, 81, 89, 109, 113, 123, 159, 165, 182, 188, 191, 193, 209, 235, 237, 249, 264, 273, 279, 281, 283, 284, 290, 291, 299, 310, 333, 370, 372, 377, 385, 483
Сивак, р. 230
Сивильдигон, р. 291
Сигнахский у. 332
Сидерокапс 185
Сиена 303, 475
Сиерра, графство 136, 160
Сиерра-Мадре 150
Сиерра-Невада 160
Сикаяма, р. 63
Силвер-Риф 172
Силвер-Хилл 129
Силезия 145, 162, 185
Сим, р. 327
Симбирская губ. 315, 326
Симферопольский у. 327
Сингбум 184
Синешиханская, группа жил 207, 377
Синкора 359
Синюха, оз. 484
Синюхин Брод 374
Синяя, р. 374
Сипи, м-ние 113
Сипила, р. 191
Сисим 85
Сисим, р. 100, 219,
Сисимаданский рудн. 272
Сиси-Су, р. 272
Сискию, графство 160
Систикем, р. 219, 234
Сифнос, о-в 180
Сицилия 301, 303, 304, 307, 313, 321, 322, 432, 454
Сичуань 264, 434
Скай 427
Скалевое, с. 374
Скаптэсилэ 180
Скобелевский у. 233
Скопинский у. 325
Скорбутная, р. 231
Славянск 268
Славянское оз. 483
Славянский у. 483
Сладко-Гостинный пр. 372
Слив-Миш, горы 61
Слободской у. 104, 194
Случ, р. 373
Слюдянка, р. 379
Сметанина 270
Смирновский рудн. 202, 237, 333
Смоленский рудн. 203
Смолинский рудн. 201
Смышляевка, дер. 325
Снеттишем-Майн 142
Собачья пещера 431, 475
Соболиные горы 381
Соден 476
Соединенные Штаты Северной Америки 38, 115, 150, 189, 263, 265, 414, 434
Соймоновск 144, 202, 310
Соймоновская дол. 108, 202, 235, 237, 328
Соймоновское м-ние 322
Соймоновский окр. 128
Соймоновский рудн. 270
Сок, р. 325
Сокара 164
Соколиная, гора 102, 107
Сокольный рудн. 129, 238, 273

Сокольный Новый рудн. см. Новый Сокольный рудн.
Сокольный Старый рудн. см. Старый Сокольный рудн.
Соликамск 270
Соликамские россыпи 197
Соликамский у. 106, 196, 270
Солкокон, р. 226
Соловьевский лог 85
Соловьевский пр. 97
Соловьевы горы 92, 97, 100
Сололаки 332
Солонечный ист. 483
Солт-Лейк-Сити 434, 455
Сольвычегодский у. 196
Сольфатара 430
Солянозерская, ст-ца 274
Сомабула 357
Сомали 292
Сомелагуакан 279, 280
Сомериньеми п-ов 385
Сомма 465
Сонора 144, 370 —
Сопки, с. 325
Сорожья губа 378
Сорокины хут. 325
Сосновка, р. 106
Сосьва, р. 109, 197, 198, 269; см. также Малая Сосьва
Сота, р. 234
Соук-Су см. Саук-Су
Софийский р-н 194
Сох, р. 234
Сочи 332
Сочинский отд. 332
Союзная, ст. 381
Спасо-Преображенский пр. 219
Спасский з-д 275
Спасский пр. 196, 216
Спасский у. 324
Спасского з-да, рудн. 275
Спасское, с. 271
Спектральный пр. 221
Средиземное м. 71, 320, 366, 405, 406
Средне-Азиатская Россия 111, 232, 235, 239, 276, 281, 291, 335
Средне-Зейская группа россыпей 227
Средне-Монастырское, с. 324
Средний Бальджир, р. 224
Средний Дачук, р. 228
Средний Кельбес, р. 381
Средний Погост 323
Средний Сыр 377
Средний Тогузак 206
Средний Урал 80, 97, 98, 149, 159
Средняя Европа 79, 185, 402
Средняя Индия 366
Средняя Терсь 210, 211
Ставрополь 433, 434, 455, 460
Ставропольская губ. 460, 483
Станницкий у. 327
Становая, дер. 201
Становой хр. 227
Старая Русса 482
Старичный пр. 107
Старка, бухта 275
Старо-Андреевский рудн. 203
Старобогатый ключ 227
Староверовская бухта 323
Старогортовские ист. 416
Старое Жилище, уроч. 272
Старо-Зерентуйский рудн. 333
Староконстантиновский у. 323
Старорусский у. 324
Старо-Сенаки, с. 331
Старый Крым 373
Старый Сокольный рудн. 209
Стасфурт 455
Сташов 327
Степановка, с. 374
Степановский рудн. 276
Степанопетровский рудн. 333
Степная Россия 232, 239, 275, 281, 291, 335, 382
Степная, ст-ца 204
Степное, м-ние 204
Стерлитамакский у. 327
Стимбот-Спрингс, ист. 141, 309
Стокгольм 38, 113
Столыпинские ист. 326, 482
Сторкюро, приход 383
Странная, р. 323
Страсбург 161
Стрелок, пролив 231
Студеный ключ 108
Стурдигоры 375
Суванйоки, р. 384
Суванлакс, п-ов 384
Сувундук (Суундук), р. 207, 232, 377
Сугатовское м-ние 273
Сугджарикан, р. 227
Сугджарь, р. 227
Сугомак, оз. 376
Сугурский пр. 108
Суенга, р. 109, 211, 212
Суинкиярви, оз. 385
Сулак, р. 230, 332
Сулаткиткан, р. 229
Сулеаринская вол. 232
Султан-Куль, оз. 207
Султан-Уиз, гора 336
Суматра 99, 155
Сумы, пос. 80
Сунгул, оз. 409
Сундырь, с. 324
Сунжа, р. 332
Сунтары, с. 111
Суоярви, оз. 386
Супе-Тау, м-ние 277
Супса, р. 483
Сурам, р. 110
Сурам, ст. 374, 375
Сурамский хр. 375
Сураханы 329, 450, 455, 460
Сургут, р. 325
Сурмалинский у. 333
Суруша, р. 325
Сутам, р. 222
Сутар, р. 228
Сутерленд 65, 151, 349
Суундук (Сувундук), р. 232
Сухая, балка 374

Сухая Тунгуска, р. 378
Сухо-Висим, р. 105
Суховисимский пр. 108
Суховолога, р. 215
Суховяз, р. 202
Сухогорский з-д 198
Суходойская россыпь 269
Суходойский рудн. 237, 268
Суходолье 196
Сухой лог (Пермская губ.), р. 107
Сухой лог (Енис. обл.) 214, 274
Сухой лог (Якут. обл.) 221
Сухой, пр. (Авроринский) 103
Сухой Пит, р. 215
Сухой Яр 374
Сучан, р. 231
Сучанское м-ние 385
Счастливый, рудн. 207
Сызранский у. 326
Сызрань 326
Сыпун, гора 268
Сыпью, р. 373
Сыр, р.— см. Малый, Средний Сыр
Сыр-Дарьинская обл. 111, 277, 383
Сыр-Дарья, р. 233, 234, 264, 277, 383
Сырков лог 301
Сырковская россыпь 108
Сырские, рудн. 274
Сысертск 132, 134, 201
Сысертская дача 376
Сысертские россыпи 123
Сысертский з-д 376
Сысертский окр. 81, 108, 122, 201, 270, 328
Сысертский рудн. 135
Сюкеево 306, 314, 322, 324

Тавастгусская губ. 384, 385
Таврическая губ. 144, 195, 249, 326, 374, 416, 460, 482
Тавры, горы 362
Таганай, гора 376, 377
Таганрог 323
Тагдатайка, р. 217
Тагил, р. 100, 107, 108, 199, 200, 261
Тагильская дача 108
Тагильский окр. 98, 372
Тагинская, дер. 334
Тагобы-Собак, р. 383
Таз, р. 378
Тайдон, р. 123, 211
Таймырский нос 378
Тайна, р. 226
Тактаул-Чалган, балка 375
Талановка, р. 109
Талас, р. 233
Таласский Ала-Тау, горы 233
Талая, р. (Иркут. губ.) 334, 379
Талая, р. (Пермская г.) 196
Талгинское м-ние 330
Талды-Кол, р. 337, 383
Талица, р. 199, 201
Таловка (Талыкджул), р. 219
Таловский рудн. 238, 279
Тальвисаари, о-в 384
Тальгом-Су, р. 123, 127, 272
Тальтия, р. 106
Тамана, м-ние 113
Таманский п-ов 331, 483
Тамань 432
Тамбовская губ. 483, 484
Тамбуканское оз. 332
Тамлат, р. 334
Тамырсык, р. 233
Таналык, р. 109
Таналыкская, ст-ца 207
Таналыкский пр. 207
Танга, р. 124
Танну-Ола, хр. 82, 234
Танымас, р. 233
Тапса, р. 234
Тараш-Айрын 337
Тарбагатай, горы 233, 276, 277
Тарбагатай, р. 82
Тарбан, р. 219
Таренак, ключ 82
Тарква-Банкет 165
Тарнак, р. 276
Тарча, р. 378
Тасмания 145, 242, 287, 288
Тастах, р. 380
Татарский гран. масс. 217
Татарский пролив 230
Тахо, оз. 160
Тахо, горы 180
Тахта, р. 376
Тахтаул-Чалган, балка 272; см. также Тактаул-Чалган
Ташкентский у. 111, 233, 277, 383
Ташкутарганка, р. 109, 204
Таш-Турпак, р. 206
Ташты-Бутак, р. 233
Тверская губ. 162, 195
Тегелл, оз. 413, 414
Тедженский у. 336
Тезами, р. 208
Тейлор, гора 287
Теке-Бель 337
Телгахар, гора 380
Телецкое оз. 212
Теляжкин (Тележкин) улус 274
Теменка, р. 325
Темза, р. 413
Темирский у. 81
Темир-Сук, р. 234
Темирханшурский окр. 304, 330
Темрюк, 450
Темрюкский отд. 331
Тенишева, дер. 324
Тентек, р. 233
Теплая, р. 110
Теплогорка, р. 108
Теплое, оз. 409
Тептярская дача 206
Терек, р. 208, 331, 332, 416
Теректы, р. 382
Теремакау, р. 95
Термопилис 309
Терньер, р. 272
Терс-Айрык, р. 233
Терсаккан 329
Терс-Бутак, р. 195

Терская обл. 208, 272, 331, 375, 416, 435, 460, 483
Терсь р. —см. Нижняя, Верхняя, Средняя Терсь
Теруэль 304
Тесьма, р. 377
Тетерев, р. 373
Тетюхе, р. 275
Тетюши 324
Тетюшский у. 324
Техас, шт. 244, 261, 463, 466, 467
Тея, р. 213, 215
Тибет 182, 218
Тибик, р. 218
Тижука 357
Тикондерога, р. 365
Тимор, о-в 264
Тин-Ха (Ченхен), р. 231
Тионетский у. 208
Тироль 187
Тис 425
Тис, р. 213
Тисса, р. 274
Тисуль, р. 124
Титовские прииски 228
Титовский пр. 214
Титовский рудн. 273
Тифлис 332, 397, 483
Тифлисская губ. 208, 272, 332, 375, 416, 483
Тифлисский у. 208, 332, 483
Тихий океан 70, 71, 102, 140, 188, 265, 479
Тихово-Задонский пр. 222
Тквибульское м-ние 468
Тмола, р. 181, 191
Тобол, р. 232
Тобольская губ. 109, 209, 273
Тобулгула 276
Тогузак р.—см. Верхний, Средний, Нижний Тогузак
Ток, р. 227
Токовая, р. (Нерч. у.) 226
Токовая, р. (Урал) 108
Токоинок, р. 230
Токтой, с. 378
Толвуя, пос. 359, 385
Толосьоки 385
Томиловская россыпь 281
Томская губ. 81, 109, 123, 158, 209, 235, 237, 249, 250, 273, 281, 284, 290, 299, 334, 381, 382, 385
Томский у. 109, 211
Томско-Енисейский кряж 210
Томь, р. 123, 210, 211, 334, 385
Топан-Сай, р. 383
Тополевка, р. 380
Торга, р. 225
Торнборо 290
Торопец 416
Тосемья, р. 106
Тоскана 255, 262, 430, 431, 453, 475
Тохта-Тау, р-н 233
Точильная, р. 372
Тошемка Южная, р. см. Южная Тошемка
Травинка, р. 106
Травниковская, ст-ца 204
Травниковский рудн. 204
Трансвааль 103, 153—156, 189, 349, 355
Трансильвания 105, 134, 135, 147, 168, 181, 187, 286, 294, 295; см. также Семиградье
Требия, пос. 206
Треквандо 475
Трехсвятительский пр. 274, 295
Тринити, графство 295
Троекуровское, оз. 326
Троицк 377
Троицкая, р. 123
Троицкие россыпи 224
Троицкий промысел(Мариинский у.)—109
Троицкий пр. (Урал) 107
Троицкий у. 81, 108, 111, 123, 202, 207, 237, 271, 372, 377
Троицкосавкий у. 124, 223
Тронбон, пос. 272
Троя 180
Троянки, с. 374
Трускавице 314
Трусовское ущ. 332
Туба, р. 219
Тувинская авт. обл. 234
Тукша, р. 110
Туламаярви, оз. 386
Туламин, окр. 98, 355
Туламин, р. 98
Туломозеро 374
Туманный, рудн. 378
Тумнин, р. 230
Тунгурагуа, вулкан 171
Тунгуска, р.— см. Верхняя, Нижняя, Сухая Тунгуска
Тунгусский угленосный басс. 361
Тун-чуан 265
Тунис 71
Тунка 334
Тункинские горы 363, 370, 379
Тункинский край 484
Тура, р. 100, 103, 105, 107, 198, 199
Турамча, р. 231
Туран, р. 234
Турбако, сопки 453
Тургайская обл. 232, 264, 276, 383
Тургеневский, пос. 232
Тургольм 384
Турин 362
Туркестан 163, 182, 233, 321, 336, 382
Туркинские ист. 470
Туруханский край 274, 361
Турчика, криница 450
Турьинский пр. 107
Турьинские рудн. 197, 236, 253, 268
Тустуджул (Тустучжул) 274
Туткалтуй 291
Тыгин, р. 110
Тык-Бутак, р. 195
Тылай, м-ние 85
Тылай, р. 106, 196
Тылай-Каньяковский хр. 85
Тылай-Каньяковское м-ние 106
Тылайский камень 106
Тымптом, р. 222

Тымптомский р-н 222
Тырин, р. 223
Тырино-Бырцинские россыпи 223
Тырма, р. 380
Тыя, р. 220
Тюменляр-Чай, р. 330
Тюрингия 160, 185, 259

Уайт-Ривер 258
Уанкавелик 280
Убераба 355
Увелька, р. 206
Угахан, р. 220, 229
Угензеем 373
Уго, пров. 305
Уда, р. (Приморская. обл.) 275
Уда, р. (басс. Селемджи) 229
Удалой, рудн. 232
Удерей, р. 82, 110, 215—217, 281, 291
Удоронга, р. 216
Удский окр. 229
Узен см. Сарык-Узен
Узон, вулкан 334
Узун-Ада, ст. 335
Узунджульский пр. 274
Узун-Тут 377
Узунчжул (Узунджул) 377
Узур-Малахайский пр. 225
Уилксбарр 456
Уильск 81
Уифак 54, 56, 61, 66
Уй, р. 206, 207, 271, 274
Уйская, ст-ца 204
Уклю-Карагай, уроч. 271
Уктус 200
Улала, дер. 212
Уланнурский мыс см. Алланур
Улеаборгская губ. 111, 234, 291, 385
Уленский край 110
Улитка, р. 269
Улс, р. 197
Улукам, р. 331
Улускерт, с. 332
Улусомадон 380
Улух-Таг, гора 274
Ульдур, горы 381
Улья, р. 231
Уманский у. 373
Умба 267
Уналашка, о-в 265
Унаха, р. 227
Унгурбей, р. 219
Унда, р. 223, 226, 378
Ундинский р-н 224
Унст, о-в 65
Унтугун, р. 214, 217
Уньино-Бомский р-н 228
Унья, р. 228, 281
Упернивик 62
Ур, р. 109, 211, 212, 281
Урал 53, 55, 80, 86, 88, 89, 95, 98—100, 102, 104, 105, 107, 109—111, 113, **115**, 117, 119, 120, 122—125, 128, 132—134, 141, 144, 145, 149, 152, 156, 159, 163, 164, 167, 182, 187, 191—199, 202—204, 209, 235—237, 242, 253, 255, 259—261, 264—268, 278—280, 284, 290, 310, 322, 328, 362, 371, **376**, 468
Урал Северный см. Северный Урал
Урал Южный см. Южный Урал.
Урал, р. 206, 207
Уралиха, р. 105, 198
Урал-Тау, горы 147, 206
Уральская обл. 81, 195, 328
Уральский хр. 109, 166, 409
Уратюб, гора 336
Урах 354, 355
Урвань, р. 332
Ургайлык-Чинга, р. 82
Ургун (Аргун), оз. 271
Уренгайский рудн. 271
Урка, р. 228
Урканская котловина 228
Урканские россыпи 227
Уровская россыпь 226
Уровский ист. 483
Уро-Прето 357
Уртазым, р. 109
Урульга, р. 225
Урульгинский р-н 223
Урулюнгуй, р. 226
Урумок, р. 110
Урумчи 321
Урус-Кискан, р. 207, 232
Уруша, р. 228
Урюм, р. 225, см. также Белый, Малый, Черный Урюм
Урюм, ст. 380
Урюмкан, р. 226
Урюмские россыпи 223, 224
Урянхайский край 82, 234
Ус, р. (Енис. губ.) 238
Уса, р. (Арханг. губ.) 323, 373
Уса, р. (басс. Томи) 211, 219, 238
Усинский окр. 110, 124, 219, 238
Усой, р. 223
Успенская россыпь 372
Успенский ключ 197
Успенский пр. (Енис. губ.) 82,
Успенский пр. (басс. Шаргана, Южн.-Енис. окр.) 217
Успенский пр. (Сев.-Енис. окр.) **214**
Успенский пр. (Канский у.) 218
Успенский пр. (Амурская обл.) 235
Успенский пр. (Туруханский край) **378**
Успенский рудн. (Акмол. обл.) 275
Успенский рудн. (Амурская обл.) **299**
Успенский рудн. (Троицкий у.) 204
Уссури, р. 230
Уссурийский край 230
Усть-Каменогорский окр. 182
Усть-Каменогорский у. 232, 276
Усть-Косьвинский пр. 107
Усть-Кут 379
Ут, р. 234
Уткинский рудн. 199, 237
Уфалейский з-д 202
Уфалейский окр. 202, 376
Уфимская губ. 81, 195, 202, 327, **376**, 409
Ухта, 450

Учур, р. 222
Ушайка Северная, р. см. Северная Ушайка
Ушма, р. 106
Уэлдборо 287
Уэлс 180
Уэрт, форт 467
Уэсселтон 369
Уэстленд, окр. 95

Фадина, дер. 376
Фазос, о-в 180
Файмогуба 268
Файф, п-ов 354, 355
Фалете, р. 181
Фалунь 154
Фальгарская вол. 336
Фан, р. (Ягноб) 336
Фаррерские о-ва 258
Фарсильциком 375
Фатьяниха, р. 378
Фачебай 134, 147, 157, 294
Фачебайские горы 293, 295
Федоровка, р. 211
Федотовский пр. 210
Фельшебания 298
Феодосийский у. 326
Феодосия 326
Фергана 321
Ферганская обл. 233, 235, 277, 335, 336, 383
Фернандо-Норонья, о-в 478
Фиаг-Дон, р. 208
Филипповский рудн. 209
Финдли 454
Финляндия 69, 95, 103, 105, 111, 234, 235, 239, 277, 291, 362, 365, 383, 385
Фирсова гора 377
Фиуджи, ист. 469
Фихтельгебирге, горы 154, 185
Фомиха, р. 109, 123, 212
Фонтен-Сале, ист. 464
Фохтланд 476
Фразер, р. 74
Фракия 180
Франкенберг 172
Франкенгольц 436, 467
Франция 65, 114, 115, 161, 176, 179, 180, 261, 287—289, 293, 295, 411, 412, 417, 418, 429, 463, 464, 475, 476
Французская Гвиана 88
Фрейберг 137, 171, 172, 192
Фрейбергский р-н 192
Фрейбург 480
Фридрихсзеген, рудн. 261
Фроловский рудн. 197, 236, 254, 259, 268
Фругорд, рудн. 384
Фуллоновский пр. 203
Фюльбекке Шпере 412

Хаджибейский лим. 327, 483
Хайленд-Мэри, шахта 242
Хамней, р. 124
Ханарсильо 172
Хаповка, р. 225
Харагоча, р. 228
Харгой, р. 379
Харгу, р. 229
Харитоно-Кампанейская россыпь 372
Харьков 397, 402, 423
Харьковская губ. 317, 483
Хасав-Юртский окр. 332
Хасаута, с. 272
Хатеновский погост 325
Хатын-Юрях, р. 335
Хауккасельга 384
Хауптшрудель, ист. 417
Хаухо, окр. 384
Хенду-Таш, с. 272
Херсонес 249
Херсонская губ. 327, 374, 483
Херсонский у. 327
Хила, р. 333
Хилка, р. 274
Хилл-Энд 136
Хилово, ист. 482
Хилок, р. 333
Хильпанцинго 63
Хинган см. Большой Хинган, Малый Хинган
Хинганский р-н 228
Хинганский хр. 380
Хитаки, пров. 122
Хитой, с. 331
Хмелевка, р. 202
Хновские ист. 416
Ход-Елиа 272
Ходжа, ущ. 336
Ходжа-Ипак, мазар 337
Ходский, рудн. 299
Ходыженская, ст-ца 331
Хой-Эква, гряда 106
Хоккайдо 305
Хокодзи 460
Холмогорский у. 323
Холодная, р. 196
Холуницкий з-д 194
Хомолхо, р. 220
Хонгорок, р. 224
Хонда, р. 379
Хоолацза, гран. масс. 231
Хорватия 304
Хорма, р. 124
Хорогочинские россыпи 223
Хорольский у. 195
Хорутания (Каринтия) 179, 185
Хотин 323
Хотинский у. 323
Хотцен 63
Хочеу 321
Хочильяр (Чильор), уроч. 337
Хребет Уральский, ст. 376
Хребтик, м-ние 277
Худес, р. 375
Хурумата, рудн. 145

Цагверские ист. 483
Цапа, р. 372
Царево-Александровская дистанция 204

Царево-Александровская россыпь (Верхотурский у.) 105, 120, 122, 136, 198
Царево-Александровский пр. (Троицкий у.) 123, 204
Царево-Александровский пр. (Бийский у.) 110
Царево-Александровский рудн. (Семипалат. обл.) 276
Царево-Николаевский пр. (Кузн. у.) 204, 284
Царево-Николаевский рудн. (Троицкий у.) 204
Царевский у. 323
Царство Польское см. Польша
Цахт, гора 375
Цвиккау 255
Цейлон, о-в 341, 364, 370, 463
Целль 187
Центральная Америка 80, 187, 266
Центральная Африка 156, 358, 367
Центральная Франция 147, 156
Церматт 480
Цеси, с. 331
Ципа, р. 222
Цихис-Джаварские ист. 483
Цур-Трейе, рудн. 172
Цуругизан, вулкан 305
Цусский рудн. 272
Цхалтуба, ист. 483
Цхенис-Цхали, р. 208

Чагаяк, р. 227
Чагырский рудн. 273
Чакман 383
Чалбучь, р. 224
Чалдыр-Чай, р. 375
Чанка, р. 412
Чансыр-Даг, гора 274
Чара, р. 142
Чарковы 314, 322, 327
Чарыковское уроч. 382
Чаткал, р. 233, 383
Чатын-Даг, гора 332
Чауш, р. 85
Чахан, р. 211
Чач, р. 375
Чашино-Ильдиканская россыпь 226
Чашкинский Ильдикан, рудн. 333
Чашма, дол. 337
Чаянгро, р. 222
Чебоксарский у. 324
Чебулинский промысел 109
Чезена 314
Чекур-Кояш (Чукур-Кояш), м-ние 322
Челекен, о-в 304, 335
Челонды, с. 324
Челябинск 207
Челябинский у. 207, 328
Ченхен (Тин-Ха), р. 231
Черат-Хеви, р. 375
Червяное оз. 409
Чердынский у. 81, 196
Черемухова слоб. 324
Черемшанка 377
Черемшанский пр. 81
Черепановский рудн. 209, 238, 334
Черкаскульская дача 376
Черкасский у. 373
Черменская вол. 207
Черная, р. (басс. Тагила) 100
Черная, р. (басс. Шилки) 224
Черная, р. (басс. Гижиги) 231
Черная, р. (р-н Качкара) 109, 204
Черная, р. (Урянхайский край) 234
Черное м. 311, 317, 407, 439
Черноисточенская дача 269
Черноисточенское оз. 108
Черноморская губ. 332
Черноярская гряда 274
Черные горы (Сев. Америка) 165, 167
Черный Иртыш, р. 212
Черный Поток, р. 364
Черный Урюм, р. 225
Черный Шишим, р. 108
Черный Юс, р. 110, 218
Честер. графство 346
Чехия 64, 154, 162, 166, 185, 255, 289, 296, 364, 369, 370, 464
Чечитна, р. 265
Чешский Лес 364
Чибижек, м-ние 219
Чибижек, р. 219
Чижик, хутор 331
Чикаго 262
Чикишляр 335
Чикой, р. 222, 333, 379
Чили 137, 140, 145, 155, 172, 242, 247, 250, 251, 255
Чилимбинский гран. мас. 215
Чиллагоэ 287
Чильор, уроч. 337
Чимборасо 421
Чимкентский у. 233, 277
Чина, р. 222
Чинабаха, с. 375
Чинга, р. 234
Чингасан, р. 214
Чираш-Нор, ущ. 331
Чиркат, с. 330
Чиркей, с. 330
Чирковая, р. 210
Чирок, р.— см. Малый Чирок
Чирчик, р. 233
Чистоп, гряда 106
Чистополь 324
Чистопольский у. 324
Читинский у. 223, 378, 484
Чиуауа (Чигуагуа), шт. 262
Чля, оз. 230
Чоко 89, 112, 114; см. также Эль-Чоко
Чокракское оз. 326
Чорох, р. 123, 127, 208, 272
Чувал, р. 197
Чудацкий рудн. 273
Чудовский рудн. 237
Чудское оз. 409
Чудской Рудник, гора 274
Чузгова бухта 230, 231
Чукан, р. см. Большой, Малый Чукан
Чукан-Цигаянские россыпи 227
Чукотский п-ов 231, 380
Чукотско-Анадырский край 231

Чулак, р. 276
Чулым, р. 218, 273
Чулыш (Чумыш), р. 109
Чумателети 375
Чусовая, р. 100, 108, 198, 200, 201
Чуя, р. 209
Чхери, с. 375

Шааргaн, р. 124, 182; см. также Большой, Малый Шааргaн
Шабровские россыпи 201
Шабровский пр. 81
Шагар, р. 206
Шагультинский увал 106
Шадринский рудн. 81
Шадровский рудн. 81
Шадыгаева, дер. 207
Шайтанка, р. 108, 201
Шайтанская дача 159, 201
Шакарлык-Астан, гора и ист. 337
Шакингех (Шеки-Хех), пещера 332
Шалдинская россыпь 280
Шалтыр-Кожух, р. 235
Шамбулат 325
Шамхор, ст. 331
Шапша, р. 106
Шардоннэ 363
Шаро-Аргун, р. 332
Шаропанский у. 331, 375
Шарыпова, дер. 327
Шато-Гюйон 464
Шахман (Крутенькая), гора 376
Шахтаминские россыпи 223, 224
Швабский Альб 354
Шварца, рудн. 239, 384
Шварцбах 370
Шварцвальд 360, 364, 466
Швейцария, 261, 289, 304
Шверин 412
Швеция 38, 59, 63, 69, 245, 278, 280, 385, 477
Шегрин, погост 324
Шейх-Джели (Султан-Уиз), гора 336
Шелонь, р. 325
Шемаха 329
Шемахинский у. 329, 460
Шенкурский у. 323
Шерлова гора 224, 275, 291
Шестикхем, р. 110
Шестой лог 225
Шетландские о-ва 65
Шивелуч, кратер 334
Шиих, кол. 335
Шилка, р. 224—226, 239
Шилкинский з-д 378
Шилкинский рудн. 333
Шилковско-Крестовский рудн. 226
Шилово-Бортевская россыпь 199
Шилово-Исетск 154
Шилово-Исетская, дер. 200
Шилово-Исетский рудн. 242
Шиловский рудн. 328
Шира, оз. 409, 483
Ширабад 337
Ширабадское бекство 337
Ширакская степь 332
Ширанэ, вулкан 305
Ширетоко 305
Ширмовка, дер. 373
Широкая, р. 209
Ширява, губа 275
Шитка, дер. 373
Шишим, р. 108; см. также Черный Шишим
Шладминг 289, 298
Шлайнинг 311
Шнеeберг 289, 290, 292, 293, 298, 299
Шнеебергский окр. 289
Шорджа, кол. 322, 335
Шорева, дер. 327
Шор-Су, м-ние 322, 337
Шотландия 65, 321, 354, 363
Шпис (буровая) 460
Шпре, р. 317, 412, 424
Штиктзее, залив 318
Штирия 289, 298, 362
Шуваловская дача 107
Шудья, р. 196
Шульгинский пр. 201
Шумиха, р. 85
Шунга, пос. 325, 359, 385
Шунет, оз. 477, 483
Шуптыкульский рудн. 335
Шуралинский участок 200
Шусси, ист. 418, 464
Шыртанды, р. 232
Шютценхофквелле 417

Щавница 247
Щуровского, ледн. 383

Ыгетты, р. 335

Эврека 466
Эгиз-Кизыл (Игыд-Кизыл) р. 382
Эгули, р. 212, 238
Эдер, р. 160
Эдуардовский пр. 216
Эйрека 188
Эк-Ситль 335
Элегест, р. 234
Эли 208
Эллио 64
Эльба, р. 412
Эльбрус, гора 331, 332, 375, 435
Эльбрусский Нарзан, ист. 416
Эльга, р. 229
Эльдарское м-ние 332
Эльдорадо 135, 151, 160
Эльзас 172, 297, 319
Эльзас-Лотарингия 435, 467
Элькенское оз. 326
Элькхорн 138
Эльтерлейн 362
Эльтон, оз. 323, 397, 473
Эль-Чоко 102; см. также Чоко
Эмак, р. 235
Эмба, р. 195
Эмс 261
Энгажимо, р. 220
Энирабат, с. 272
Энкита, м-ние 330

Энкита, хр. 330
Энмувэем (Эн), р. 334
Эр, деп. 415
Эриванская губ. 208, 272, 332, 375, 385
Эрикнес 384
Эро, деп. 476, 478
Эстляндская губ. 327, 436, 460
Эстремадура 94
Этна 430, 451
Эфиопия 367
Эхизен, пров. 297
Эчмиадзинский у. 332
Эшасьер, гран. масс. 65

Юба, графство 160
Юбду, гора
Юговская дистанция 328
Юго-западная Африка 154
Южная Австралия 258
Южная Америка 112—114, 187, 192, 242, 262, 265, 266, 279, 444
Южная Африка 78, 151, 165, 166, 255, 260, 343, 355, 357, 363, 365, 368, 369
Южная Дакота 149
Южная Индия 79, 366, 367, 424
Южная Каролина 144, 310
Южная Тасмания 143
Южная Тошемка, р. 106
Южная Юта 308
Южно-Енисейский окр. 110, 124, 217, 378
Южно-Заозерская дача 106, 197
Южно-Уральские россыпи 284
Южно-Уссурийский край 381
Южные Аппалачи 149
Южный Буг, р. 374
Южный Китай 78, 264
Южный Урал 80, 104, 108, 142, 144, 147, 149, 152, 159, 182, 196, 235, 237, 271
Юзельский лог 132, 201
Юкатан 79
Юкон 145, 279
Юкон-Клондайк 188
«Юлия», рудн. 477
Юнггрубе Сент-Вильгельм 172
Юньнань 264
Юргун, р. 238
Юриаж, ист. 418, 464, 475
Юрманские рудн. 273
Юрьев 397
Юс, р. 110, 218; см.также Белый, Большой, Черный Юс
Юссиусо Ено, рудн. 277
Юта, шт. 159, 172, 188, 434, 455
Ютнаволока, дер. 268

Яблоновый хр. 224
Ява, о-в 307, 429, 442
Ягни-Чай, р. 330
Ягноб (Фан), р. 336
Ягодный пр. 200
Яик-Мойнакский лим. 327
Якимваара 384
Якобсгавн 54
Яковлевский рудн. 382
Якса, р. 218
Якутск 335
Якутская обл. 82, 142, 235, 250, 281, 335, 381, 382
Якутский окр. 222, 335
Якшонка, р. 324
Ялова 416
Ялтинский у. 327
Ямкун, ист. 483
Ямск 275
Ялалак 337
Япония 122, 161, 183, 187, 262, 297, 298, 300, 304, 305, 307
Ярвенпээ, дер. 385
Ярмыс-Кул 327
Яромай, р. 226
Ярославль 327
Ярославская губ. 327
Ярра, р. 159
Яуза, р. 412
Яхимов, м-ние 289, 292, 296, 476
Яя, р. 209, 273.

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ И ДРУГИХ ЛИЦ, УПОМИНАЕМЫХ В ТЕКСТЕ

Абамелек-Лазарев С. 330
Абдеррахман III 180
Абих Г. 272, 329—332, 416, 435, 454
Абрамов 209, 336
Абрамович М. 329
Авдеев 43, 130, 132—134, 166, 207
Аверкиев 483
Агафархид 264
Агвилера 125; см. также Aguiléra J.
Агрикола 51
Адам 50
Адамс 23; см. также Adams F.
Адельшельд 38; см. также Adelsköld B.
Адней 404; см. также Adeney W.
Азанчевский И. 215, 217
Акоста И. 453
Алексат П. К. 110, 142, 271
Алексеев 98
Алексеев В. 374, 378
Алибер 363, 369
Альберт В. 394
Альбов 161
Ангстрём К. 470; см. также Angström K.
Андерлини Ф. 465; см. также Anderlini F.
Андреев А. 105, 111, 233, 234, 277
Андржейовский А. 373
Андрианов А. 211
Андрусов Н. 335
Анерт Э. 110, 222, 226, 228, 230, 231, 275, 299, 380, 381
Аносов Н. И. 161, 183, 224, 226, 231, 275, 380
Анриэ 470; см. также Henriet H.
Антипов 131
Антипов А. 196, 203, 270, 271, 326, 377
Антипов И. 239, 276
Антропов А. 428, 461
Аояма 49
Апыхтин 203
Араго Ф. 72
Аргентов К. 274
Арнольд де Вилла Нова 292
Аррениус С. 468; см. также Arrhenius S.
Арсеньев К. 202, 236
Архипов 198, 209, 333, 385
Арпруни А. 145, 149, 301, 309
Асбюри 129
Атертон Т. 140, 368; см. также Atherton T.
Ауновский А. А. 272
Аустен-Робертс В. 131; см. также Austen-Roberts W.
Ауэрбах И. 89, 110, 325, 326, 330, 363
Африканов 234
Ахте 104
Ашар 113

Бабушкин 197
Багашев И. 333, 484
Багратион П. 188
Базаров 319
Байен 396
Баклунд О, 20, 82
Балталон Ю. 450
Бальдаччи Л. 330; см. также Baldacci L.
Барбот де Марни Е. 114, 158, 202, 203, 205, 207, 220, 221
Барбот де Марни Н. 260, 304, 324, 330, 336, 376
Бароцци де Эльс 332
Барринджер Д. 63; см. также Barringer D.
Барсена 96
Бартольд В. 321
Баснин 231
Басов Е. 275
Басов М. 209
Баумгауэр 75; см. также Baumhauer E.
Баумерт М. 401; см. также Baumert M.
Баур 439; см. также Baur E.
Бацевич Л. 226, 228, 229, 272, 374, 381
Бегер 166, 236, 269
Безансон 21
Бейеринк М. 441, 442; см. также Beijerinck M.
Бейлби 43; см. также Beilby G.
Бейшлаг 38
Беканан 64
Бёке 348; см. также Boecke H.
Бекетов Н. 447
Бекк 353
Бекк Л. 77, 78; см. также Beck L.
Бекк Р. 91, 379; см. также Beck R.
Бекке Ф. 23; см. также Becke F.
Беккер 51, 162, 168, 246; см. также Becker G.

Беккер Л. 284; см. также Becker L.
Беккерель 94
Беккерель 32, 172; см.также Becquerel E.
Белозеров А. 123
Белон П. 185; см. также Belon du Mans P.
Белоусов М. 197, 276
Белт Т. 146, 151, 153; см. также Belt T.
Бельк 78; см. также Belck W.
Беляев Н. 54, 57, 59
Белянкин Д. С. 193, 376
Бемент 111
Бенедикт Ф. 398; см. также Benedickt F.
Бенс Джонс 443; см. Jones H. B.
Берверт 66, 281
Бергман 12
Беренс 305
Бержа А. 154; см. также Bergeat A.
Берман 50, 245; см. также Berman
Бернер 275
Бернулли 402
Бернштейн Б. 327, 409
Берсон 21
Бертело Д. 338, 471; см. также Berthelot D.
Бертело М. 174, 177, 263, 338, 442; см. также Berthelot M.
Бертенсон Л. 475, 476, 482, 483
Бертон 284
Бертье 50, 94
Берх В. 275
Берцелиус 12, 49, 55, 65, 87, 111, 117, 118, 125, 340, 436, 446, 447; см. также Berzelius J.
Беттегдорф 51
Бибра 50
Бидерман А. 36, 189; см. также Biedermann A.
Бикар Р. 417, 464; см. также Biquard R.
Бильц 84; см. также Biltz H.
Биттнер И. 458
Бишоф 67, 298, 408, 421; см. также Bischof G.
Блан 480; см. также Blanc G.
Бланкенгорн М. 78; см. также Blanckenhorn M.
Блёде 236, 268, 327
Блинов М. 328
Бобр В. 200, 225
Богачев В. 323, 415
Богданов Д. 382
Богданович К. 38, 97, 151, 161, 188, 230, 231, 271, 277, 322, 328, 329—331, 334, 380, 384
Боголюбский И. 192, 195, 224, 229—231, 274
Богословский 233, 336
Бойль Р. 402; см. также Boyle R.
Болл 184
Болтвуд Б. 461; см. также Boltwood B.
Больцман 394
Большев 275
Бомбиччи Л. 303; см. также Bombicci L.
Бонисси М. 470; см. также Bonyssy M.
Бонней 353
Боргман И. 482, 483
Боргстрём Л. 277, 383; см. также Borgström L.
Борисов П. 325, 360
Борн 179
Бородин И. 237
Боршевский 336
Боулес 113; см. также Bowles G.
Бояршинов 212, 235, 238, 239, 328
Брам 305
Брандт К. 439; см. также Brandt K.
Браннер 358; см . также Branner J.
Браунригг 113; см. также Brownrigg W.
Браунс 16
Брён А. 426, 429, 430, 452, 473; см. также Brun A.
Бреон 114
Бржезина 57, 59, 62; см. также Brzesina A.
Брейтгаупт 48—51, 87, 105, 120, 152, 171, 288, 290, 298; см. также Breithaupt J. A.
Брейтерман 267
Брейтфус Л. 407
Броди Б. 386; см. также Brodie B.
Броммель 12
Броневский 57; см. также Broniewski V.
Бронников М. 337
Бростэд Д. 177
Бругш 77, 112; см. также Brugsch-Bey H.
Бруни 47; см. также Bruni G.
Брунсвиг 456; см. также Brunswig H.
Брусницын Ф. 111, 201, 233
Брюнних 11
Брюстер 426
Брэгг 339, см. также Bragg W.
Будик А. 460
Будрик В. 332
Буканан 311, 405; см. также Buchanan J.
Булгаков А. 330
Бумстед 480; см. также Bumstead H.
Бунге Н. 373
Бунзен Р. 52, 246, 397, 430, 451, 452; см. также Bunsen R.
Бурдаков В. 100, 107, 372
Буркарт 311; см. также Burkart H.
Бурксер Е. 482, 483
Бурнон 92; см. также Bournon de J.
Буссенго 95, 130, 397, 421, 423, 446; см. также Boussingault J.
Бутгенбах 353; см. также Buttgenbach H.
Бутенев К. 193, 195, 199, 233, 234, 237, 267, 383
Бутуреану 296; см. также Butureanu V.
Бушар 464
Бэкон Р. 292, 321
Бэр К. 177, 183
Бюффон 140, 255, 265; см. также Buffon G.

Вагнер 195
Вагнер 22; см. также Wagner H.
Вагнер 236
Вагнер П. 351—353; см. также Wagner P.
Вагонер Л. 144; см. также Wagoner L.
Вада Т. 122; см. также Wada T.
Валлерий (Валлериус) 12, 49, 50
Вальтер 409
Вальтер 27; см. также Walter

Вальтер Б. 345, 386, 417; см. также Walter B.
Ван дер Веен А. 342; см. также Van der Veen A.
Вандеслебен 38
Вансович 324
Ван Хайз 22, 23; см. также Van Hise C. R.
Варвинский И. 49, 104
Варенцов 272
Варрон 264
Васильевский М. 233
Вебер В. 111, 163, 165, 233, 234, 277, 336, 337, 382, 383
Вегенер А. 52, 393, 400; см. также Wegener A.
Вейберг С. 376
Вейнберг Б. 43
Вейншенк 23, 338, 340, 362—364; см. также Weinschenk E.
Вейсбах А. 11; см. также Weisbach A.
Вейске 73; см. также Weiske H.
Вёлер Ф. 50, 57, 126, 279; см. также Wöhler F.
Вельяминов-Зернов В. 233, 336, 337
Вениаминов И. 266
Венкер 265; см. также Wencker H.
Венюков 337
Верещагин 88
Вериго А. 311, 323
Вернадская Н. Е. 258, 260
Вернадский В. И. 13, 16, 20, 23, 27, 29, 47—52, 88, 124, 135, 149, 154—156, 193, 287, 297, 300, 302, 304, 310, 316, 324, 328, 330—332, 335, 348, 363, 377, 389, 408, 414, 421, 427, 428, 430—432, 440, 444, 459, 462, 463, 744, 479, 482
Вернер 105
Вернер А. 11, 12, 51; см. также Werner A.
Версилов Н. 274, 334
Веселовский Н. 264
Веспуччи А. 78
Вибель Ф. 132, 260; см. также Wibel F.
Виганд А. 301; см. также Wigand A.
Видеман 11
Вилениус 314, 324
Виллен 94; см. также Villain
Вилькицкий 378
Вильм Ф. 88, 127
Вильфарт 441
Винер Б. 322, 325, 328, 330, 333
Винер Н. 77, 178
Виноградов А. П. 474
Виноградский А. 132, 200
Виноградский С. 317, 319, 441
Винклер 67; см. также Winkler C.
Винклер Л. 409; см. также Winkler L.
Вислоух С. М. 318
Виттенбург П. 231
Вихерт 68; см. также Wiechert E.
Вишняков Н. 290
Влангали А. 232, 384
Внуковский В. 213, 214
Вознесенский В. 225
Войнич-Сяноженцкий 339
Вокелен 12, 94, 104; см. также Vauquelin
Волков Н. 105
Волластон В. 49, 86, 88, 89, 114, 117; см. также Wollaston W. H.
Вологдин С. 339
Вольф Т. 52, 473; см. также Wolf T.
Ворздынский 374
Воробьев А. 281
Воробьев В. И. 328
Воронков Н. 409, 437
Воскобойников Г. 272, 329, 331
Воскресенский А. 124
Врангель Ф. 78, 82
Вуд 112
Вурц 142; см. также Wurtz H.
Вюльфинг 70, 76; см. также Wülfing E.
Высоцкий Н. К. 86—88, 98, 100—107, 109, 144, 205, 271, 276, 335

Габриэль 382
Гаврилов С. 267
Гагемейстер 275
Гадолин А. 384
Гайгерст 470; см. также Hayhurst W.
Гайдингер 49, 51; см. также Haidinger W.
Гайес А. 78; см. также Hayes A.
Гальцов П. 409
Гамберг 403, 421
Гарджер 350; см. также Harger H.
Гардтмут 370
Гаррисон 50
Гаррисон А. 424; см. также Harrison A.
Гарт 130; см. также Hartt C.
Гартли 72; см. также Hartley W.
Гартман 113
Гаскюель 283; см. также Gascuel L.
Гассгаген Х. 407
Гассель 287; см. также Hassel
Гасслингер 356; см. также Hasslinger R.
Гатчетт 42
Гауксби 396
Гаупт 144
Гаусман 89; см. также Hausmann J.
Гаюи 12, 245; см. также Hauy R.
Гёбель Ф. 397, 473
Гевеши Г. 475; см. также Hevesy G.
Гедройц А. 224—226, 378
Гей-Люссак 402, 412, 458
Геймар 94, 103; см. также Gueymard E.
Гейнс 276
Гейтель 480; см. также Geitel
Гелер А. 223, 224
Гельм Ф. 104, 237
Гельмгаккер Р. 109, 132, 134, 135; см. также Helmhacker R.
Гельмерсен Г. 95, 97, 108, 109, 195, 197, 199, 212, 268, 276, 374
Гельригель 441
Гельшерт 378
Гембицкий С. 299
Гемилиан В. 318, 482
Гемпель 398; см. также Hempel W.
Гендриков И. 100, 102, 107, 114, 372
Генрих Ф. 417; см. также Henrich F.
Гент Ф. 129; см. также Genth F.

Георги И. 81, 193, 194, 201, 267, 269—271, 273, 291, 325—328, 333, 376
Георгиевский 28
Герасимов А. 82, 128, 131, 142, 153, 220—223, 225, 235, 272, 476, 483
Герасимов М. 224, 226
Герберштейн 324
Герман И. Ф. 105, 156, 200, 202, 209, 212, 237, 238, 264, 268—271, 273, 291, 310, 323, 326, 328, 334
Герман Р. 49, 89, 117, 123, 264, 276, 284, 290, 382, 416, 447
Гермит 21
Гернгросс 326
Гернет 232
Геродот 177
Герр В. 434, 455
Гесс Г. 416
Гессельман 408
Геттон 143; см. также Hutton J.
Гёфер 311, 433; см. также Höfer H.
Гизель 480
Гилев 208, 330
Гильденштедт А. 331
Гимстедт Ф. 33; см. также Himstedt F.
Гинзбург И. 194, 235, 373
Гинтце 51, 53, 85, 121, 128, 287, 289, 292, 296, 304, 339; см. также Hintze C.
Гинье 54
Гирс 229
Гиэрнэ 12
Гладкий П. 81, 261, 269
Глинка С. 372
Гмелин И. 268, 292; см. также Gmelin J.
Годон Сен-Мемен 63; см. также Godon Saint Memin
Годшон 471; см. также Gaudchon H.
Голицын 281
Голляховский Г. 105, 198
Головкинский Н. 324
Голубятников Д. 291, 330
Гольдшмидт В. 288, 342—345, 349; см. также Goldschmidt V.
Гольдштейн 52, 469; см. также Goldstein E.
Гольц 85; см. также Holtz H.
Гоппе-Зейлер Ф. 404, 409, 424, 425; см. также Hoppe-Seyler F.
Горбачев М. 213, 215, 217
Горбов А. 57—59
Гортон 119
Горянинов П. 83
Гостман 79; см. также Hostmann C.
Готтшальк 192
Готье А. 50, 132, 426, 427, 452, 458, 465; см. также Gautier A.
Гофман 60
Гофман Э. 82, 124, 158, 166, 214—217, 219, 235
Гошкорн 153; см. также Hauchecorne
Гравезанд, с 112
Граматчиков 193
Граховский К. 275
Гревингк К. 54, 81
Грей 461; см. также Gray J.
Грефенберг Л. 471; см. также Gräfenberg L.
Гривнак К. 209, 237, 238, 271, 273, 334
Гриндлер Б. 232
Грове 392
Гроддек А. 310
Гросс-Боле 413; см. также Grosse-Bohle H.
Грот П. 50, 304, 342; см. также Groth P.
Груйтгуйзен П. 75; см. также Gruithuisen P.
Грум К. 324, 331
Грум-Гржимайло Г. 234
Грэхам 57; см. также Graham T.
Губкин И. 331
Гудков П. 218
Гудовщиков М. 210
Гук 396
Гулишамбаров С. 103, 114, 115, 124
Гумбольдт А. 144, 176, 402, 404, 412, 432, 453; см. также Humboldt A.
Гуров А. 374
Гурьев 194, 208, 235, 236, 278, 281, 324, 325, 331
Гуссак 49, 88, 90, 92, 103; см. также Hussak E.
Гутберлет В. 141; см. также Gutberlet W.
Гюртлер В. 58, 84; см. также Gürtler W.
Гэльс 396

Давыдов П. 326
Дадуриан 480; см. также Dadourian H.
Дайверс 51, 300
Д'Акоста 78
Далль 169
Дальтон 12
Дамур А. 51, 54, 89; см. также Damour A.
Дана 14, 49—51,133, 134; см. также Dana E.
Дана Д. 12, 14; см. также Dana J.
Д'Англада 416; см. также D'Anglada
Дарвин 75; см. также Darwin G.
Д'Аржи 94, см. также D'Argy
Д'Арсе 77
Даубени 415; см. также Daubeny C.
Двойченко П. 249, 326, 327
Дебай 339
Дёбереймер 26, 103, 415; см. также Döbereiner J.
Де Беркали Л. 367
Дебрэ 111, 114, 118—120, 126; см. также Debray H.
Де Бурнон 120; см. также Bournon De J.
Дебьерн 52
Девиль 118; см. также Sainte Claire Deville H.
ДеГеннин 270
Дейхман 275
Деклуазо 246; см. также Des Cloiseaux A.
Деламетри 306
Делесс 260
Де Лонэ Л. 154, 190, 195, 221, 354; см. также De Launay L.
Де ля Беш Г. 68

Дель Кастильо 63, 244
Дель Мар 175; см. также Del Mar A.
Дёльтер 34, 348; см. также Doelter C.
Демест 255
Демидов 257
Денисов М. 208, 249, 272, 329, 330—333, 375, 376
Денисов-Уральский А. 328, 376
Дергачев Н. 194
Дерден 51
Державин А. 211
Деринг 89, 117
Дерюгин К. 407
Де Тьерри 472
Де Шези 286
Джавахов 375
Джакет 96
Джакоб 186; см. также Jacob W.
Джедд 64; см. также Judd
Джеммелларо 306, 307, 314; см. также Gemmellaro C.
Джервис 95
Дживилегов А. 321
Джильберт 62, 63; см. также Gilbert G.
Джоли 144, 479; см. также Joly J.
Джон 27; см. также John W.
Джонс 243; см. также Jones H.
Джонс 433
Джонсон 98
Джонстон 449; см. также Johnstone J.
Динник Н. 331
Диодор 178
Диоскорид 286
Диттмар 334, 403, 405; см. также Dittmar W.
Дмитриев 182, 268, 327
Добровольский К. 412
Доброславин 412
Добрэ 59, 67, 68, 73, 77, 94, 97, 160, 354; см. также Daubrée A.
Добсон 470; см. также Dobson G.
Доломье 304, 451; см. также Dolomieu D.
Домбровский Б. 332
Домейко 50, 242, 243, 259; см. также Domeyko I.
Дон 140, 141; см. также Don J.
Дорн 52
Дорошин 188
Досс Б. 317, 318, 320, 433, 436, 455, 460
Драверт П. Л. 222, 244, 250, 335, 379, 382, 482
Драгомиров А. 102
Дрозжилов 202
Дубровский 324
Дубянский В. 331, 332
Дури 398; см. также Duri
Дьюар 461, 467; см. также Dewar J.
Дэви 68, 402, 406; см. также Davy H.
Дюма 42, 397, 446; см. также Dumas
Дюпарк Л. 85, 88, 104—106, 108, 270, 328; см. также Duparc L.
Дюхем П. 403; см. также Duhem P.
Дюшен 396

Евреинов 105, 290
Егоров К. 111
Егоров Н. 472
Егунов М. 317
Езерский 412
Еремеев П. 63, 81, 92, 93, 110, 111, 120, 121, 123, 124, 132, 133, 194, 198, 200, 204, 205, 207, 212, 238, 239, 253, 273, 274, 279, 284, 291, 299, 324, 325, 342, 372
Еремин С. 212
Ерин Ч. 209
Ерофеев 325
Ефимов Н. 327

Жакелен 415
Жакеро А. 461; см. также Jacquerod A.
Жаннети 114
Жели А. 320; см. также Gélis A.
Жемчужный С. 87, 130, 131
Жерарден 402, 424
Жерве Ф. 222, 267
Жернез 301; см. также Gernez
Жилинский А. 194
Жоголев Н. 323
Жоли 398
Жуковский И. Г. 109
Журавко-Покорский 234

Заварицкий А. Н. 49, 97, 108, 204, 206, 271, 376, 379
Задебек А. 138, 139, 342, 344; см. также Sadebeck A.
Задтлер 454
Зайков 265
Зайцев А. 81, 97, 98, 100, 108, 109, 158, 159, 166, 198, 202, 209—211, 214, 216—219, 273, 290, 376, 378, 381
Залесский М. 322, 377, 483
Замбонини 51
Замысловский Е. 324
Замятин А. 325, 329
Заниккели 69
Зарудный Н. 233
Заседателев М. 131
Захаров В. 223
Зверев В. 222, 226
Звягинцев 49
Згиблов 198
Земба И. 375
Зембницкий А. 372
Зенгр К. 470; см. также Zenger K. W.
Зётбеер А. 36, 42, 189; см. также Soetbeer A.
Зидентопф 51
Зиммер 308; см. также Simmer H.
Зиммлер 426
Зинкинген 113
Златарски 181
Злобин А. 299, 333
Зонштадт Е. 140; см. также Sonstadt E.
Зуков 260
Зюринг 21
Зюсс 153, 167, 189, 190; см. также Suess E.

Ив А. 479; см. также Eve A. S.
Иваницкий 194, 208, 236, 281

Иванов А. 194, 226, 335
Иванов Г. 53, 81, 249
Иванов Д. 49, 222, 226, 228, 229, 234
Иванов Л. 81. 267, 328, 373
Иванов М. 145, 228—230, 381
Игнатьевский 267, 314, 323
Иеннеке А. 243; см. также Jennecke A.
Иёргенсен С. 396; см. также Jörgensen S. M.
Ижицкий Н. 215, 219, 378, 379
Иловайский Д. И. 109
Илосвай 470; см. также Ilosvay de Ilosva
Иммендорф 459
Иностранцев А. 49, 51, 91, 92, 97, 98, 110, 183, 193, 195, 211, 212, 323, 339, 341, 359, 381, 386, 387
Иосса В. А. 237
Иппен 342
Исаченко Б. Л. 439, 442

Кавендиш 42, 396, 397, 443, 458; см. также Cavendish H.
Казвини 286
Казерер 459
Кайзер 464, 467; см. также Kayser H.
Калистов Н. 231
Калитин 335
Калицкий К. 335, 337
Кальете 400; см. также Cailletet
Камерландер 70; см. также Camerlander
Кандаки, В. 314, 327
Кандыкин Ф. 327
Канкрин Е. 114, 372
Кант 43, 68; см. также Kant E.
Карамышев 274, 333
Карелин Г. С. 111
Карнелли Т. 28; см. также Carnelley T.
Карножицкий А, 372
Карози 80; см. также Carosi J.
Карпинский А. 64, 69, 80, 82, 100, 102, 144, 148, 149, 195, 196, 198—204, 206, 207, 237, 325, 362, 376
Карпинский М. 90, 97, 100, 106, 108, 136, 144, 149, 152, 157—159, 167, 197, 198, 208, 235, 269, 270, 278—280
Карпов Б. 87, 88, 281
Карпов Г. 372
Карппе 178; см. также Karppe
Карстен 339—341; см. также Karsten C.
Карстен Д. 155; см. также Karsten D.
Карстенс Э. 476, 483
Картиновис 112; см. также Cartinovis
Касперович Г. И. 110, 121
Кастельно 88; см. также Castelnau
Касторский Н. 409
Каттерфельд Г. 94
Кащенко Б. П. 328
Квенессен 119
Кейс 63, 76; см. также Keyes C.
Кейтнер 442; см. также Keutner J.
Келлас А. 398; см. также Kellas A.
Кельвин 448
Кеммерер А. 105
Кемп 98, 365; см. также Kemp J.
Кемпбелл Н. 18, 32; см. также Campbell N.
Кёне 447; см. также Koene C. W.
Кёниг 402; см. Koenig J.
Кёнигсбергер 51; см. также Königsberger J.
Кеннан 250
Кёппен А. 158
Кери Ли 173
Кинг 367; см. также King C.
Киркор Ф. 412, 413, 446
Кириллова А. Р. 332
Кишенский С. 231
Клапрот М. 12, 51, 67; см. также Klaproth M.
Кларк Ф. 23, 24, 71, 171, 346; см. также Clarke F.
Клаус К. 49, 83, 85, 86, 118, 119, 397, 411, 412, 416
Клейменов 208
Клер М. 376
Клод 399, 458, 467; см. также Claude G.
Клоссовский А. 21, 391
Ключанский Г. 378
Кнаутэ К. 411; см. также Knauthe K.
Книпович Н. 407, 408
Кноп А. 260, 356; см. также Knop A.
Кнохе В. 479; см. также Knoche W.
Кнудсен М. 407; см. также Knudsen M.
Князев 236
Кобяков 328
Ковалевский Е. 109, 209, 210
Коварский 379
Ковелли 52
Ковригин 182, 238
Коген 56, 57, 62, 71, 76; см. также Cohen E.
Козари 69; см. также Cosari
Козицкий М. 81, 88, 100, 111
Кокшаров Н. 93, 123, 132, 144, 195, 198, 204, 226, 268, 302, 323, 372, 379
Коленко Б. 268
Колобов 200
Колтовской 104, 108, 199, 237, 269
Колумб Х. 79
Кольбек 128
Кольчевский 272, 330
Кольшюттер 138, 461; см. также Kohlschütter V.
Компаньон 78
Кондаков 324
Кондратьев 375
Кондыкин Ф. 107, 198
Конлис С. 373
Конради С. 90, 97, 371, 374
Константов С. 381, 416, 460
Конткевич 268, 359, 360, 373, 374
Контэ 370
Коншин А. 332, 335, 336, 375, 416
Конюшевский 275
Копп 292; см. также Kopp H.
Корженевский Н. 233
Корзухин И. 231, 380
Корню Ф. 22, 48, 51; см. также Cornu F.
Коровин 110
Костычев С. 457
Котс 458; см. также Coates J.
Котульский В. 213, 378
Коутос 50
Кофлер 479; см. также Kofler

Кох М. 331
Коцин М. 412, 413, 419
Коцовский И. 232
Кошкуль 331
Краевский Д. 233
Краинский А. 441, 442
Крамаренко А. 433
Краснов А. 432, 454
Краснопольский А. 108, 198, 199, 209, 232, 237
Красовский 276
Краспо 96
Крат В. 182
Крашенинников С. 334
Креднер 310
Крейслер 398; см. также Kreusler U.
Кретье 63; см. также Cretier H.
Кронштедт А. 11, 12, 50; см. также Cronstedt A.
Кропоткин П. 382
Кротов Б. 376
Кротов П. 107, 196, 197
Круйт 302; см. также Kruyt H.
Крукс 27
Крюммель 22, 409; см. также Krümmel O.
Крыжановский В. И. 81, 108, 270
Крыжановский И. Н. 200
Крыжановский Л. 373, 374
Крым В. 360
Крымский А. Е. 292
Кубе Ф. 102
Кузнецов С. Д. 226, 291, 374
Кулибин А. 224, 226, 238, 291, 333
Кулибин В. 213, 215
Кулибин К. 149, 204, 208, 274
Кулибин Н. 284
Кулибин С. 233
Кун 236, 268
Кунц 369
Купфер А. 80, 273, 290,
Купффер А. 397
Куннис Р. Д. 483
Курбатов 58
Курмаков Н. 102
Курнаков Н. 130, 131, 435, 456
Куторга 363
Куттолан 359; см. также Couttolenc G.
Кушелевский Ю. 323
Кьёльберг 38; см. также Kjellberg B.
Кюри М. 23, 481; см. также Curie M.
Кюри П. 477; см. также Curie P.
Кюстель 50
Кэнс 62

Лаборд Л. 477; см. также Laborde L.
Лавинский 219
Лавров 323
Лавров П. 264
Лавуазье А. 52, 340, 396
Лаговский А. 157, 213, 215
Лагорио А. 80
Лагофет Д. 277
Ладенбург 52, 469; см. также Ladenburg E.
Лакруа А. 65, 362; см. также Lacroix A.
Ланге 462; см. также Lange H.
Ландейро 125; см. также Landeiro C. F.
Ландольт 409
Лаплас 43
Лаппаран А. 44; см. также Lapparent A.
Ласкарев В. 323, 373, 374
Латкин Н. 82, 213—215, 234, 274, 291, 378
Лебедев А. 438, 456, 459
Лебедев В. 410, 412
Лебедев Н. 160, 207, 208, 272, 329, 330, 332, 333
Лебединцев А. 406—411
Лебон 18, 32; см. также Lebon G.
Лёв 52
Леви 408
Леви А. 120, 121, 132, 133, 245; см. также Lévy A.
Леви Б. 397, 399; см. также Lewy B.
Леви М. 471; см. также Levi M.
Левинсон-Лессинг Ф. Ю. 20, 105—107, 113, 115, 197, 375
Левшин А. 276
Ледюк А. 398, 400; см. также Leduc A.
Лежандр Р. 408; см. также Legendre R.
Лейдиэ 119
Лейхтенбергский 136
Лекгардт 244
Ле Конт 160
Лексис 189; см. также Lexis W.
Леман 326
Лемберг И. 448
Лемери 68, 292
Ленард П. 32; см. также Lenard P.
Леонгард К. 311; см. также Leonhard K.
Лепап А. 418, 419, 435, 467, 477; см. также Lepape A.
Лепехин И. 182, 271, 325, 327, 328
Лепсиус 77, 178; см. также Lepsius
Ле Саж 51, 140
Лесли 454; см. также Lesley J.
Лесной Е. 210
Ле Шателье 58, 338, 339, 346; см. также Le Chatelier H.
Лешо 368
Либавий 286
Либих Ю. 437, 446, 447
Ливерсидж А. 91, 140, 152; см. также Liversidge A.
Лидов А. 397, 398, 402, 423, 433, 443, 450, 460
Линдгрен 149, 167, 259; см. также Lindgren W.
Линдеман Ф. 470; см. также Lindeman F.
Линденер Б. 345
Линне Б. 304; см. также Linne B.
Линней К. 12
Липский В. Г. 111
Лисенко 377
Лисенко К. 291, 359, 386
Лисицын О. 483
Литке Ф. 380
Ллойд С. 479; см. также Lloyd S.
Лобанов Д. 372
Лодочников В. 290
Ложечкин 50, 131
Ложье А. 27; см. также Laugier A.
Локайр Н. 75; см. также Lockyer N.

Ломоносов М. В. 172, 261, 300, 396
Лопатин И. 110, 183, 222, 361, 379, 385
Лопатинский Г. 193, 236, 267, 280
Лоренцен 70; см. также Lorenzen J.
Лотти 256; см. также Lotti
Лошкарев С. 325
Луазель 477; см. также Loisel P.
Лукашевич И. 20
Лукин 188
Лукреций 264
Лури Б. 162
Лучицкий В. И. 299
Львов 110, 225, 228, 380
Львов Ф. 470
Льюис 51
Льюис Карвиль 353
Любавин Н. 315
Любарский В. 97, 104, 105, 114, 162, 195, 270
Людвиг А. 346, 348; см. Ludwig A. E.
Людлоф 323
Люммер О. 347; см. также Lummer O.
Люшан 78
Люци 51, 338, 340, 341, 356, 363, 364; см. также Luzi W.
Лясковский Н. 397

Маевский Ф. 315, 335
Майер Г. 193, 209, 229, 269
Майерус 279
Майо 396
Мак Артур 188
Макеров Я. 110, 212, 223, 224, 226, 228, 379
Макеровский 193, 217, 219, 220
Макинтош 433
Макканьо 74
Макко А. 354; см. также Масco A.
Мак Леннан 468; см. также Mac Lennan L.
Макринов И. 441
Максуэлл Кл. 394
Малявкин С. 385
Мамонтов В. 109, 124, 196, 211, 212, 273, 327, 334, 371, 372, 382, 385
Мамышев И. 324
Мамышев Н. 102, 104, 105, 279
Марголиус А. 208, 272
Марк 287; см. также Mark
Марков К. 194, 322, 457
Маркович В. 375
Марковников В. В. 304
Марковский Г. 337
Маркс 69, 157
Мартель 389; см. также Martel E.
Мартьянов Н. 377
Маршалов Н. 218
Маршан Р. 50, 52, 411; см. также Marchand R.
Марэ 319; см. также Marès H.
Масон 39
Массоль 475; см. также Massol G.
Матасов 189
Маузелиус 244
Мевиус А. 194
Меглицкий 207, 334, 377, 379
Мезерницкий П. 482, 483
Мейденбауэр 359
Мейендорф А. 268, 323
Мейстер А. 110, 213, 215—217, 220, 223, 372
Меллер В. 208, 249, 272, 329—333, 375, 376
Мельников М. 123, 124, 206, 207, 371, 377
Мельников П. 433
Менге 270, 328
Менделеев Д. И. 26, 28, 338, 393
Менетрие 384
Меншуткин Б. 300
Мёнье С. 59, 60, 67, 99, 298; см. также Meunier St.
Меньшенин Д. 325
Мервин 51
Меренский 356; см. также Merensky H.
Меринг 413
Меринг Э. 409
Меринг 402, 411; см. также Mehring H.
Меркалли 308; см. также Mercalli G.
Мёррей 71, 72, 409; см. также Murray J.
Меррилл 70, 143, см. также Merrill G.
Мефферт Б. Ф. 360, 444
Миклашевский 238, 328, 373, 384
Миклашевский А. 189
Миллер 170, 172, 282, 287; см. также Miller W. C.
Мингэй 85, 88; см. также Mingaye J. C.
Миткевич-Волчасский Е. 220, 275
Митч 256
Митчерлих 301, 304; см. также Mitscherlich E.
Михайлов 233—235
Михайлов Н. 207
Михайлов П. 229
Михайловский Г. 107, 196, 374
Михайловский С. 234
Мишель-Леви А. 66, 67; см. также Michel-Lévy A.
Моленграаф 302, 343; см. также Molengraaf G. A.
Монако 398
Монтичелли 52
Мор 360
Мориц 397
Морлей 398, 399; см. также Morley
Морозевич И. 102, 144, 275, 373, 374
Морозов Н. 332
Морран А. 411; см. также Morren A.
Моррен 408
Мос 12
Моссье 49, 63
Мощанский Л. 236
Муассан 42, 62, 315, 319, 338, 339, 341, 342, 347—349, 356, 359, 398, 416; см. также Moissan H.
Мулль 355
Мульдер 447
Муравьев Н. 336
Мурё 417—419, 435, 440, 464, 465, 467, 476, 477; см. также Moureu C.
Мутман 305; см. также Muthmann W.
Мух М. 265; см. также Much M.
Мухин И. 49, 84, 86, 87, 89, 94, 97, 115, 116

Мушкетов И. 20, 202—206, 233, 271, 276, 321, 323, 336, 337, 377
Мышенков Д. 233, 336
Мюгге О. 253; см. также Mügge O.
Мюлен М. 409
Мюллер 51
Мюллер А. 446
Мюнстер 169; см. также Münster C. A.
Мягков А. 102, 115

Нагаев 265
Нагорнов Н. 87
Надсон Г. 312, 317, 327
Назини Р. 465, 469, 471; см. также Nasini R.
Накерин Ф. 81
Наукгофф Р. 62; см. также Nauckhoff R.
Науманн 245
Нацкий А. 322, 329, 330, 335, 336
Нёггерат 279; см. также Nöggerath J.
Нейман Б. 36, 37, 114, 391; см. также Neumann B.
Ненадкевич К. А. 53, 55, 59, 81, 101, 103, 128, 154, 155, 193, 224, 235, 241, 242, 291
Нестеров М. 224, 269
Нестеровский Н. 81, 202, 212, 271, 272, 377
Неуструев С. 325
Нефедьев В. 81, 95, 106, 193, 197, 273, 276, 291, 325
Нечаев А. 232, 234, 382
Нидерле 371; см. также Niederle
Никитин В. 106, 108, 123, 197, 200, 201, 262, 268, 269, 299, 376
Никитин С. 325
Никлевский Б. 459; см. также Niklewsky B.
Николаев А. В. 123, 128, 137, 169, 202, 237, 270
Николаев В. 111
Николаев Д. 202
Николаев П. 376, 377
Николау Т. 59; см. также Nikolau T.
Николе 421, 422
Никольский 383
Новакович С. 185
Новаковский М. 329
Ноинский М. 326
Норденшельд А. 49, 57, 59, 62, 66—70, 72, 75, 76; см. также Nordenskiöld A.
Носовы 374
Ньюберри 164

Обручев В. 82, 124, 209, 211—224, 274, 333, 379, 382, 383
Обручев С. 361, 377, 378
Оводенко С. 111, 231, 380
Огг А. 287; см. также Ogg A.
Ожегов П. 98
Озанн 49, 81, 97; см. также Osann
Озерецковский 193
Озерский А. 136, 203, 204, 226, 274, 315, 322, 324, 325, 327, 333, 378
Озорио де Альмейда 54; см. также Ozorio de Almeida
Окладных 149, 237
Ольмюллер 412; см. также Ohlmüller
Омелянский В. Л. 317, 319, 320, 365, 439, 441, 442, 456
Опперт 286; см. также Oppert G.
Орлов 104
Орлов А. 324
Орлов Н. 26, 324
Орлов П. 135, 477, 483, 484
Орловский В. Г. 278, 280, 332
Осмонд Ф. 49, 57; см. также Osmond F.
Оссендовский А. 381
Отто 441
Отфейль 251; см. также Hautefeuille
Оуэнс 52
Ошанин 233, 277
Ощепков И. 372

Павлинов 218
Павлов Н. 232
Павлуцкий 224
Пагельс 64
Паллас П. 81, 149, 179, 182, 191, 194, 200, 204, 206, 236, 264, 267—269, 271, 275, 324—326, 328, 333, 334, 377, 379
Пальмьери Л. 465; см. также Palmieri L.
Пальмквист А. 407
Пандер 326; см. также Pander C.
Папп 181; см. также Papp K.
Парацельс 286, 292
Парландт Д. 439
Паррот 372, 396
Парсонс 449; см. также Parsons C.
Партч П. 82; см. также Partsch P.
Паульсен 400
Пашен 33
Пемпелли Р. 257; см. также Pumpelly R.
Переплетчиков 216
Перре М. 321
Перро Ф. 461; см. также Perrot F.
Перуцци В. 368
Пестерев 196
Петренко Г. 240
Петри Ф. 177
Петц Г. 93, 139, 209, 212, 379
Пешке 284, 291
Пещек П. 453; см. также Petschek P.
Пиддингтон 126; см. также Piddington H.
Пизани 50; см. также Pisani F.
Пилипенко П. 26, 50, 109, 129, 131, 168, 172, 212, 235, 237—239, 252, 273, 281, 284, 290, 333, 334,377, 379, 381
Пилла Л. 451, см. также Pilla L.
Пири Р. 78; см. также Peary R. E.
Пирсон 415; см. также Pearson G.
Пиутти А. 465, 468; см. также Piutti A.
Пламеневский 299
Планер Д. 383, 384
Планш 320; см. также Planche
Плиний К. 112, 180, 250, 366, 367, 371, 372
Плотников И. 347

Плюккер 280
Поггендорф 340; см. также Poggendorff J. C.
Подгаецкий А. 268, 272
Поджиале 412
Поккетино 480; см. также Pocchettino
Поклевский-Козелл 233
Покровская М. 411, 412
Полевой 382, 385
Полевой Н. 334
Полевой П. 231, 275
Поленов Б. 211, 212, 328, 335, 381
Полетика И. 210, 218, 274
Поллаччи 42, 319; см. также Pollacci E.
Полье 198, 372
Поляков 415
Попов 210
Попов И. 106, 108, 114, 124, 195, 204, 207, 209
Попов Н. 237, 268, 270
Попов П. 372
Попов С. 304, 326—328
Порватов Б. 219
Порецкий 276
Порлецца 469; см. также Porlezza C.
Потт 250, 379
Поттер 365
Поульсен 476
Пошепный 165; см. также Pošepny F.
Православлев П. 323
Пранг 109, 124, 211, 273, 278, 284
Прасолов Л. 325
Предтеченский 483
Преображенский И. 383
Преображенский П. 220
Пригоровский М. 195
Принг 470; см. также Pring J.
Присадский 409
Пристли 52, 396, 402
Провансаль 404
Прокопов К. 331, 433, 460
Протасов П. 196, 209, 268, 269, 273
Прудков 196
Пруст 144; см. также Proust J.
Пузино 327
Пузыревский П. 362, 379, 384
Пуриевич К. 442
Пуш 268
Пфаффиус А. 161
Пыляев М. 366
Пэлег 51
Пюттер А. 406; см. также Pütter A.
Пятницкий П. 272, 322, 374

Райт Ф. 51
Райт А. 52, 426; см. также Wright A.
Ракузин М. 346
Рамзай 52, 82, 396, 399, 417, 465, 467, 481; см. также Ramsay W.
Раммельсберг 12; см. также Rammelsberg C.
Раммуль А. 412, 413
Рандалл-Макивор D. 177, 178; см. также Randall-Maciyor D.
Рат 51, 52, 134, 135, 138, 241, 303; см. также Rath G.
Рачковский И. 110
Ревуцкая Е. Д. 374
Редикорцев И. 204, 372
Рёзерфорд 52
Рёзерфорд 396, 461; см. также Rutherford E.
Рей 396
Рейзе 397; см. также Reiset J.
Рейнеке М. 80
Рейхардт 402, 415; см. также Reichardt E.
Рейхенбах 49, 73, 75, 76; см. также Reichenbach
Рейхер Л. 301; см. также Reicher L. T.
Рёмер 297
Ренар А. 71, 72; см. также Renard A.
Ренгартен В. 322, 329, 330
Реноване Г. 195, 209, 237, 238
Реньо 397—399; см. также Regnault V.
Ресин А. 380
Реутовский В. 110, 124, 209—213, 215, 217—220, 222—226, 228—233, 235, 239, 250, 273, 333, 335, 379, 382
Риво Л. 339; см. также Rivot L.
Рид Т. 244; см. также Read T.
Риджуэй 78; см. также Ridgeway
Риккард Т. 163; см. также Rickard T.
Ринк 62
Ринне Ф. 51, 55; см. также Rinne F.
Рио дель 50, 51, 125; см. также Rio A. del
Риотт 244
Риппас 110, 333
Риппас П. 228, 281
Риттер 391, 400; см. также Ritter
Рихтер П. 204, 280
Рогов Я. 108
Родс 307; см. также Rhodes
Родевич 234
Рожков В. 172, 193, 268
Розалес 146; см. также Rosales
Розé 145; см. также Rozet
Розе 49, 69, 74, 119—121, 130, 132, 139, 197, 199, 237, 253, 255, 268, 287, 294, 297, 304, 339, 342—344; см. также Rose G.
Розе Т. 130, 131; см. также Rose T.
Романовский Г. 194, 199, 203, 276, 325, 337, 373
Роме Делиль 342; см. также Romé De l'Isle
Роозебум Б. 348; см. также Roozeboom B.
Росс Дж. 62, 78; см. также Ross J.
Росс О. 319; см. также Ross O.
Ростовцев С. 439
Рот 311; см. также Roth J.
Рудаков 201
Рудзкий Ф. 392
Руденшельд 113
Рудольф 62
Рунге 479; см. также Runge C.
Руэлль 112
Рыбалкин М. 188
Рыкачев М. 397
Рычков П. 264, 325
Рэлей 52, 400, 417, 458, 459; см. также Rayleigh

Рябинин А. 332
Рязанов В. 226, 229—231, 235

Саблин 219, 220, 224
Савельев 460
Савицкий 124, 220, 222—224
Савченков Ф. 267
Самойлов Я. В. 23, 82, 110, 128, 130, 194, 221, 236, 243, 244, 249, 250, 259, 374, 397
Самсонов Н. 411
Сарсадских Н. 233
Саси С. 286; см. также Sacy S.
Саттерли 479; см. также Satterly J.
Сафонов 211
Сборовский А. 276
Сваб 51
Сванберг Л. 49, 87, 88, 111; см. также Svanberg L.
Сведелиус 111
Свенске 323
Свинне Р. 482
Севастьянов 213, 214
Севергин В. М. 105, 153, 162, 208, 209, 234, 235, 268, 271, 290, 324, 326—328, 384
Северцов Н. 233, 383
Седаков 250, 379
Седергольм 360, 386; см. также Sederholm J.
Селецкий 374
Селла 480; см. также Sella
Семенов П. 109, 210, 211, 379
Семенский 412
Семенченко А. 361, 378
Сент-Клер Девиль 49, 51, 52, 85
Сент-Клер Девиль 111, 114, 118—120; см. также Sainte Claire Deville H.
Сергеев М. 333
Серебренников А. Г. 337
Сефстрём Н. 340, 341; см. также Sefström N.
Сеченов 397
Сиверс 333
Сивков 107, 198
Сиволобов 323
Сигг Г. 270, 328
Сидоренко М. 63, 80, 302, 311, 312, 323, 327, 337
Сидоров 194, 373
Сикора 400
Силлем 298
Сильвестри О. 454; см. также Silvestri O.
Симонович С. 208, 332, 375
Сингвальд 260; см. также Singewald J.
Скалигер 112; см. также Scaliger J.
Скальковский К. 361, 373, 384
Скей 27, 49, 51, 52; см. также Skey W.
Скориков А. 409
Скоров М. 416
Скрепинский К. 271
Слифер 400; см. также Slipher
Слюнин Н. 275, 334, 380
Смирнов Г. 208, 209, 271, 329, 331, 375, 376
Смирнов Н. 201
Смит 141
Смит А. 398, 400, 438; см. также Smith A.
Смит Л. 67; см. также Smith L.
Смит С. 56; см. также Smith S.
Смолуховский М. 392; см. также Smoluchowski M.
Соболевский П. 49, 86, 90, 113, 114, 384
Совинский С. 81
Соколов А. 412, 482, 483
Соколов В. 267, 336
Соколов Д. 80, 95, 96, 104, 152, 157, 164, 194, 250, 271, 277, 383, 384
Соколов Д. 219, 232, 328, 337
Соколовский 81, 109, 210, 211, 273, 281
Солодов Н. 372
Солунскова М. 441
Сопальский 332
Сорби 346; см. также Sorby H. C.
Сорэ 397
Соссюр Т. 459
Софокл 179
Спасский 232
Спасский Г. 275
Специа 313; см. также Spezia G.
Спитта 413, 424; см. также Spitta O.
Стальнов Н. 214
Стас 397; см. также Stas
Стевенсон 448
Стеенструп К. 62; см. также Steenstrup K.
Степанов Д. Н. 110
Степанов П. 223, 224, 371—376, 378, 379, 381, 382
Стерри Гент 11; см. также Sterry Hunt H.
Стеффенс 307
Стокс 173; см. также Stokes H.
Столетов А. 396
Стоней 392, 468; см. также Stoney G.
Стопневич А. 434, 450, 455, 468
Страбон 180, 191, 207, 292
Стражевский 109, 204
Стрётт Р. 33, 428, 465, 468; см. также Strutt R. J.
Стрижов И. 208, 272, 276, 375
Струбен 165
Струве Г. 73
Стуленко Г. 204
Субрамания Айер 424; см. также Subramania Aiyer P.
Суворов Е. 409
Сузуки 304; см. Suzuki M.
Сургунов Н. И. 82, 121, 137, 259, 304, 347
Сущинский П. 202, 291
Сырокомский В. 372

Таккини 74; см. также Tacchini
Талиев В. 437
Таль Х. 107, 196, 197
Тамман 58; см. также Tammann G.
Таскин 220, 378
Татаринов 276, 377, 382
Твалчрелидзе А. 271, 272
Тебеньков 266
Тейх Н. 382, 383
Тенар 340

Теннант 49, 117, 340; см. также Tennant Smithson
Теплоухов 182
Террейль А. 86; см. также Terreil A.
Тетяев М. 275, 291
Тиберг 37; см. также Tiberg H.
Тилгмен Б. 63, 74; см. также Tilghman B.
Тилден 427; см. также Tilden W.
Тильманс 413; см. также Tillmans J.
Титов В. 291, 378, 484
Тихомиров В. 239
Тихонов Н. 219
Тихонович Н. 104, 105, 202, 231, 232, 276, 326, 329, 433, 468
Тове Л. 213, 215, 217, 222, 226, 228—231
Токарев И. 218
Толмачев И. 210, 211, 218, 219, 274
Томашек 191; см. также Tomaschek W.
Томсен 462, 463; см. также Thomsen J.
Томсон 201, 270
Томсон 52, 394, 457, 469, 475, 478; см. также Thomson J. J.
Торкельсон Т. 419, 430, 453, 476; см. также Torkelson T.
Торнё 403; см. также Tornö H.
Торрей 118
Траверс 461, 462; см. также Travers M. W.
Траутшольд 82, 281
Тревиранус 156; см. также Treviranus G. R.
Трейберт 43; см. также Treubert F.
Тресковский В. 208
Тречмен 282
Тринкер 153
Троубридж 76; см. также Trowbridge C.
Трушков Н. 269
Туле 359, 403; см. также Thoulet J.
Тульчинский 380
Тутковский П. 373
Тучемский Ю. 327

Уайт 50
Уайт Р. 103
Угримов 264
Уид 263; см. также Weed W. H.
Уильсон Д. 190
Уильямс 284, 343, 350, 354, 356; см. также Williams G.
Уирри Т. 300; см. также Wherry T.
Уитней 160
Уллоа 49, 104, 112, 113; см. также Ulloa A.
Ульрих 50, 141, 241; см. также Ulrich G.
Уолкер Т. 296; см. также Walker T.
Уоррен 298; см. также Warren C.
Уоррен 469; см. также Warren H.
Уотсон 112, 113; см. также Watson W.
Ушейкин Н. 329
Уэльс 51

Фабер 370; см. также Faber E.
Фален 56, 61; см. также Phalen W. S.
Фальк И. 206, 233, 324, 325, 331, 337, 376
Фаминцын А. 457
Фарадей М. 317
Фаррингтон О. 70; см. также Farrington O.
Федоров А. 243
Федоров Е. С. 105, 106, 123, 144, 158, 196, 197, 200, 236, 262, 268, 269, 299
Федоров Н. 387
Федченко 336
Фелькнер 373
Феррара Ф. 313
Ферреро Г. 180
Ферсман А. Е. 26, 268, 327, 342, 344, 345, 349
Филев 238, 378
Филд Ф. 50, 251; см. также Field F.
Фипсон 51, 447, 448; см. также Phipson T.
Фиркс 98
Фихтель 164
Фишер де Вальдгейм 254, 257
Флекк 425
Флеров А. 378
Флетчер Л. 302; см. также Fletcher L.
Флоренс 85
Флорес 465; см. также Flores E.
Флоринский В. 182
Фогель Р. 240; см. также Vogel R.
Фогельзанг 305
Фодор 425
Фойт 165, 353, 354; см. также Voit F. W.
Фокин 423
Фокс 403, 404; см. также Fox C. J.
Фомин А. 332
Форд 454
Форрест 188
Фосс 337
Фохт 23, 26, 34, 36, 168, 169, 257, 421, 422, 461; см. также Vogt J. H.
Франк 357
Фраш 322
Фребель 50
Фрезе 211
Фрейзе 369; см. также Freise F.
Фреми 402
Френкель Зигм. 292; см. также Fränkel S.
Фридлендер 356, 467; см. также Friedländer J.
Фризер Я. 222
Фуке 66, 67, 429, 451, 454; см. также Fouqué F.
Фуллон 294; см. также Foullon H.
Фурман 384
Фурнэ 146

Халатов 209, 333, 385
Хамадани 178
Харджер 356; см. также Harger H.
Харичков К. 332, 432, 434, 454, 455, 460
Харкурт 50, 245; см. также Harcourt
Хвостов М. 177, 178, 273
Хиллебранд 51; см. также Hillebrand W.
Хладни 72
Хлапонин А. 226, 229, 230, 380
Хлопин В. 82
Хлопин Г. 397, 412, 456, 471
Хмыров 326
Хогли 428; см. также Hogley C. F.

Холл Р. 177; см. также Hall R.
Холмс 471; см. также Holmes H. W.
Холодковский Н. 474
Хомутов Д. 323, 336
Христенсен 422
Хэрн 265; см. также Hearne S.

Цебриков В. 336
Циглер М. 57
Циккендрат Э. 80
Цимбаленко Л. 336
Цинкен 49
Циркель Ф. 70; см. также Zirkel F.
Цитович, 435
Цулукидзе Г. 208, 209, 333, 385
Цунц Н. 398; см. также Zuntz N.

Чайковский 200, 237, 269
Чако 455; см. также Czakó E.
Чарноцкий С. 433
Чевкин К. 187, 291
Чейкин М. 338
Чекановский А. 334, 361, 379
Чеклецов 196, 197, 271
Чемберлен Р. 425—427, 452, 456; см. также Chamberlin R.
Чемберлен Т. 427; см. также Chamberlin T.
Червин К. 284
Черепанов С. 363
Черкасов 224
Черник Г. 50, 69, 88, 89, 116, 117, 119, 123, 125—128, 208, 244, 272, 463, 468
Черницын Н. 435
Чернов Д. К. 57, 196
Чернышев Ф. 144, 147, 194, 203, 206, 207, 236, 269, 327
Черский И. Д. 220, 223, 378, 379
Чирвинский П. 172, 299, 332
Чихачев П. 109, 124, 181, 210, 212
Чугаев Л. А. 104
Чупин Н. 149, 259, 269
Чупин П. 200
Чураков А. 377
Чьерульф 169

Шабанон 114
Шамарин 220, 222—224
Шамиссо 370, 380
Шангин А. 209, 212, 237, 238, 273
Шапе 354, 357; см. также Chaper
Шаплей 120
Шаповал 409
Шарпи 131
Шатуников 397
Шварц Е. 22, 66, 351, 356; см. также Schwarz E. H.
Шведов Ф. 72
Швейнфурт 77
Шееле 52, 396
Шейнцвит 123
Шёнбейн 442; см. также Schönbein C. F.
Шенберг Г. 20
Шене Э. 471, 472
Шенк 348; см. также Schenck F.
Шепард 49, 50
Шерер 275
Шеферд 429; см. также Shepherd E.
Шеффер 112, 113, 124; см. также Scheffer H.
Шимидзу 300
Широкшин 236, 324, 325
Шишковский К. 121, 124
Шкляревский А. 327, 335, 363, 377
Шлагинтвейт А. 422; см. также Schlagintweit A.
Шлагинтвейт 422; см. также Schlagintweit H.
Шлёзинг Т. 398, 423, 438; см. также Schloesing T.
Шленев 279
Шмальгаузен И. 361
Шмидт 270, 432
Шмидт К. 81, 326, 454
Шмидт П. 334
Шмидт Ф. Ф. 372, 377, 380
Шнейдер 104
Шнейдер В. 114
Шнейдер Е. 247; см. также Schneider E.
Шнейдер К. 433, 460
Шобер Г. 325
Шомберг 172
Шондорф 456
Шостак М. 208
Шостаковский 334
Шперк Ф. 226, 228, 381
Шпетер М. 396; см. Speter M.
Шпренгель К. 318; см. также Sprengel K.
Шрауф А. 245, 303; см. также Schrauf A.
Штебер Э. 450
Штельцнер А. 154; см. также Stelzner A.
Штернберг 185
Штокер 50; см. также Stocker
Штокман А. 433, 460
Штромейер 51
Штукенберг А. 81, 197, 201, 202, 207, 376
Штурм А. 11
Шульц 51

Щеглов Н. 81, 97, 106, 123, 144, 279, 280, 367
Щукин 219
Щуровский Г. 81, 82, 97, 100, 108, 195, 197, 199—201, 210—212, 237, 238, 250, 269, 270, 279, 310, 312, 334, 377, 381

Эбельмен 94, 445, 447; см. также Ebelmen J.
Эберт 478; см. также Ebert H.
Эванс Н. 296; см. также Evans N.
Эверс П. 478; см. также Ewers P.
Эдвардс 177; см. также Edwards
Эдельштейн Я. 218—220, 274, 377, 378
Эдман 134
Эдризи 181
Эйдман 138; см. также Eydmann E.
Эйхвальд Э. 74, 81, 82, 109, 182, 191, 361, 373, 378, 379, 383, 473
Эйхфельд 208
Эли де Бомон 68, 98, 145, 153, 363; см. также Elie de Beaumont J.

Эльстер 480; см. Elster J.
Эльфинг 234
Эмэ 403, 405, 407; см. также Aimó G.
Энгельгардт М. 81, 98, 108, 202, 203, 372, 380
Энгельман 108
Эндрюс М. 58; см. также Andrews M.
Эндрюс Т. 61; см. также Andrews T.
Эргарт А. 450
Эрдман 455; см. также Erdmann E.
Эрдман 296; см. также Erdmann H.
Эрдман Ф. 237, 324
Эрман А. 78; см. также Erman A.
Эренберг 69, 71—73; см. также Ehrenberg H.
Эренберг П. 440; см. также Ehrenberg P.
Эшвеге 187; см. также Eschwege W.

Юдин 397
Юнг 70; см. также Yung E.
Юнг Р. 165; см. также Young R. B.
Юстус 29, 474; см. также Justus J.
Юшкин Е. 375

Яворовский П. 158, 163, 182, 222, 226—230, 264, 280, 281, 299, 380, 381, 385
Якоби 105, 290
Якобс 368
Якобсен О. 403, 405—407; см. также Jacobsen O.
Яковлев П. 275
Яковлев С. 212
Янишевский М. 232
Янковский М. 230
Яновский 296
Янчевский А. 226
Ярков В. 196, 207
Ярославцев 109, 211, 273, 278, 284
Ярцов Н. С. 193
Яхонтов Н. 372
Ячевский Л. 20, 43, 53, 82, 110, 124, 144, 194, 211, 213—215, 218, 223, 225, 281, 363, 371, 372, 378, 387.

Abel F. A. 276
Abich H. см. Абик Г.
Acchiardi A. de 453
Ackroyd W. 26
Adams E. P. 461, 463
Adams F. 23
Adelsköld B. 38
Adeney W. 404
Agassiz L. 421
Aguiléra J. 125
Aguillon L. 322
Aimé G. 403
Albert 424
Alibert J. P. см. Алибер
Allen E. T. 63, 431
Anderlini F. 52, 417, 430, 431, 451, 453, 465, 466, 475
Anderson R. 309
Andrée G. 443
Andrée R. 78, 264, 266
Andrews M. 58
Andrews T. 61,64
Andrzeiowski A. см. Андржейовский А.
Ångström K. 470
Ankermann B. 78
Ansdell 341, 427
Antropoff см. Антропов А.
Appleyard A. 424
«A. R.» 322
Arago F. 69,72
Argy, D' 94
Arnold C. 470
Arnold R. 309
Arrhenius S. 76, 77, 401
Arsem 348
Aschan O. 31
Aschburner A. 454
Aschoff K. 476
Assmann R. 21
Atherton T. W. 140
Atkinson T. 182
Attwood W. 427
Austen-Roberts W. 130, 131
Autenrieth W. 29, 474

Babu 136, 151, 159
Baer C. см. Бэр К.
Baetz W. 147
Bahr 54, 59, 63
Baldacci L. 314, 330
Ball S. 349
Ball V. 126, 183, 358, 366, 367
Baly 467
Baly E. 27
Bankroft 157
Barfoed C. 244
Bargogli-Petrucci G. 314
Barrell J. 20
Barringer D. M. 55, 63
Bary 315
Bastin E. S. 172, 364, 365, 371
Bauer H. 395
Bauer M. 16, 342, 345, 349, 357—359, 366, 369
Bauerman H. 258
Baume G. 426, 452
Baumert M. 401
Baumhauer E. H. 69, 75, 342
Baur E. 67, 349, 439
Baur L. 279
Baux A. 265
Bayeux 470
Beck L. 77—79, 182
Beck R. 89—91, 98, 143, 147, 150, 151, 153—155, 157, 165, 168, 169, 256, 259, 275, 277, 290, 349, 363, 379
Beck W. 237
Becke F. 23
Beckenkampf J. 63
Becker G. 64, 141, 149, 161, 166, 168, 246, 250

Becker L. 284, 285
Beckman E. H. 11, 12, 302
Becquerel Edm. 32, 172
Becquerel Henri 28
Bedson P. 425
Beetz W. 358
Behrens 441
Beijerinck M. W. 319, 438, 441, 442
Beilby G. T. 43, 132, 134
Bekier E. 482
Belck W. 77, 78
Belon du Mans P. 185
Belt T. 145, 150, 152, 153
Benecke W. 442
Benedicks C. 56, 284
Benedickt F. C. 396, 398
Benndorf H. 20
Bergeat A. 147, 153, 154, 157, 159, 164, 167, 168, 256, 289, 314, 363
Bergt W. 128
Berman 245
Berthelot D. 338, 471
Berthelot M. 28, 33, 112, 174, 175, 177, 243, 248, 249, 263, 266, 338, 371, 440, 442, 443, 459
Berthier P. 131
Berthollet C. 102, 113, 114
Berzelius J. 11, 12, 55, 65, 86—89, 93, 97, 117, 118, 125, 126, 252, 447
Bess G. 264, 277
Bhoja 345
Bibra 251
Bichowsky F. R. 302
Biddle H. 260
Biedermann A. 36, 189
Billows E. 300
Biltz H. 84
Biquard R. 417, 418, 464, 465
Birge E. A. 409—411
Bischof C. G. 66, 103, 140, 172, 246, 261, 287, 296—298, 408
Black E. 412
Blake G. 428
Blanc G. A. 478—480
Blanckenhorn M. 77, 78, 312
Blau O. 292
Bloch L. 33
Bloede G. см. Блёде Г.
Blum J. R. 171, 252, 304
Blümner H. 177, 178, 180, 182, 191
Bodenbender G. 279
Boecke H. 348
Böggild O. 53, 54, 65, 66
Böhm F. 432
Böhm J. 358
Boise C. 358
Bolton H. 363
Boltwood B. 461
Bombicci L. 304, 314
Bonifacy 79
Bonjean E. 412
Bonnefoy 364
Bonney T. 349
Bonyssy M. 470
Bordas F. 287
Bordeaux A. 154, 159, 160, 218, 225, 230, 231
Borgström L. 252
Borlase 283
Bornemann J. G. 80, 416
Bosset W. H. 285
Bouchard C. 417
Boudet F. 412
Bourcart F. E. 410
Bourdariat 155
Bournon J. De 91, 92, 113, 120
Bourset P. 29, 474
Boussingault J. 95, 102, 112, 130, 305, 397, 421, 423, 446, 449, 453
Boutan M. 342, 349, 366
Boutwell J. M. 159
Bowles G. 113
Boyle R. 402
Brachmer 470
Bragg L. 342
Bragg W. 342
Brand A. 179
Brandis J. 191
Brandt K. 439, 444
Branner J. C. 357, 358
Braun 304
Braun J. 444
Braune H. 58
Brauns R. 160, 181, 301, 346
Bredermann G. 441
Breidenbach 180
Breithaupt J. A. 48, 105, 111, 116, 120, 123, 129, 152, 171, 247, 259, 260, 269, 280, 288—290, 296, 298, 315, 339
Brennerke W. 405
Brioux C. 319
Brochet A. 476
Brodie B. C. 386, 387
Brokaw A. 142
Broniewski V. 57, 93
Brouwer H. 355, 357
Brown G. 300
Brown P. 318
Browne R. 164
Brownrigg W. 93, 113
Brugsch-Bey H. 77, 112
Brun A. 305, 307, 320, 427—430, 445, 452, 473
Bruner L. 482
Bruni G. 47
Brunswig H. 456
Brzesina A. 57,59, 60, 295
Bubanek J. E. 480
Buchanan J. 311
Büchner E. 463
Buffon G. 255, 264—266
Buisson 471
Bumstead H. C. 480
Bunsen R. 397, 400, 417, 429, 430, 436, 451—453
Burgess G. 58
Burkart H. J. 63, 311
Burrows A. G. 154
Burton 127
Burton E. F. 478
Bury J. B. 179

Busz K. 310
Bütschli 315
Buttgenbach H. 95, 96, 353
Butureanu V. 294, 296
Byl A. 339

Cady H. P. 433, 466
Cailletet 400
Calderon S. 180, 244, 304, 314, 315
Camerlander 70
Campbell N. 18
Campbell W. 252
Camsell C. 355
Cancrin см. Канкрин
Card G. W. 85, 355
Carlson T. 404
Carnelley T. 28, 261
Carnot A. 287, 293
Caron 265
Carosi J. 80
Cartailhac E. 179
Cartaud G. 56—58, 61
Cartinovis 112
Castelnau 88
Cavel L. 459
Caven R. 348, 360
Cavendish H. 443
Cesaris P. 296
Chalmers 165, 166
Chamberlin 357
Chamberlin R. 425—427, 444, 452, 456
Chamberlin T. C. 20, 75, 76, 262
Chaper 354, 357
Chapman 11
Chatrian N. 367, 368
Chevreul E. 396
Christensen H. 441
Christensen O. 453
Clarke E. D. 446
Clarke F. 21—23, 26, 52, 71, 143, 171, 173, 174, 245, 285, 307, 435, 447
Claude G. 399, 458, 468
Claus C. см. Клаус К.
Clement Mullet 367
Cleve P. F. 463
Coates J. E. 458
Cobb Collier 310
Codazzi R. L. 89
Cohen E. 27, 56, 57, 59, 62, 68, 71, 73, 75, 76, 78, 253, 287, 349
Cohn F. 317
Cohn G. 397
Collie 450
Collier P. 86
Colony R. 357
Comte F. 395
Cook 64
Cook S. 468
Coomaraswamy A. 364
Corenvirder 320
Cornu F. 22, 27, 48, 51, 258
Corstorphine G. S. 165, 166, 345, 349, 357
Cosari 69
Costăchescu N. 426, 432, 455
Cotta B. 147, 273
Cotton A. 27
Coudon H. 440
Courtis W. M. 150
Couttolenc G. 349, 359
Credner H. 256
Crehore A. 339
Crémieu V. 476, 478
Cretier H. 59, 63
Cronstedt A. 11
Crook A. R. 262
Crooke W. 78, 79
Crookes W. 18, 345, 348, 359, 463
Crowe J. 58
Cumenge E. 134, 136, 144, 153, 155
Curie M. 23, 481
Curie P. 476
Czacó E. 455, 465, 466, 475
Czapek 457
Czapski A. 476

Dadourian H. M. 480
Daintrée R. 145, 255
Daly R. 26, 451
Damour A. 54, 88
Dana E. 13, 14, 63, 132, 133, 252—254, 300, 302, 346
Dana J. 12
D'Andrimont 349
D'Anglada 416
Danne J. 476
Darton N. H. 63
Darwin G. 75
Daubeny C. 415, 438
Daubrée A. 42, 55, 59, 66—68, 73, 77, 78, 81, 90, 93, 94, 97, 98, 122, 160, 161, 179, 180, 312, 354, 415
David 241 см. Edgeworth David
Davy H. 402
Dawson J. W. 362
Dawson G. M. 248
Day A. 305
Day D. 115
Debierne A. 461
Debray H. 83, 88, 111, 118—120
Déchalette J. 265
De Girard J. 320
De Launay L. 26, 46, 140, 141, 144, 147, 152—157, 166, 169, 177, 180, 182, 188, 189, 195, 207, 221, 256, 314, 322, 349—351, 354, 355, 358, 361, 362, 364, 369, 371
Delebecque A. 409, 410
Del Mar A. 175, 180, 185, 186
Demarçay H. 65
Demaret L. 277
Denny 103, 166
De Rauw 358
Derby O. 59, 144, 149, 341, 355, 357, 358
Des Cloiseaux A. 246, 342, 345
Deslandres H. 463
Desplantes G. 248
Devereux W. 164
Devic Marcel 292
Dewar J. 341, 393, 400, 427, 433, 458, 461, 467

Dewey F. 123
Dickson C. 94, 96
Diday 132
Diergardt 78
Diergart P. 285, 286
Diersche M. 364
Dieseldorf 29, 474
Dietrich 275
Dittmar W. 403
Divers E. 300
Döbereiner J. W. 415
Döbrich G. 423, 424
Dobson G. 470
Doelter C. 20, 23, 34, 339, 342, 348, 349
Dolomieu D. 451
Domcke 395
Domeyko I. 172, 192, 241—243, 248, 250, 259, 280
Don J. 140, 141, 153, 473
Donath E. 341
Doss B. см. Досс Б.
Dottin G. 179, 370
Douglas J. 259
Draper D. 356
Drew G. H. 439, 442
Dubois 126
Dubois E. 158
Dubois de Montpéreux 333
Duclos P. 434
Duhem P. 403
Dulieux E. 170
Dumas 379, 397, 446, 449
Duncan C. 404
Duncker E. 20
Dunn E. J. 147
Duparc L. 85, 97, 98, 100, 104—108; см. также Дюпарк
Duri 398
Du Toit A. L. 349, 352, 354, 355
Dybowski B. 231

Ebelmen J. 94, 445, 447
Ebermayer E. 399
Ebert H. 398, 478
Eckert M. 38
Eder J. M. 32
Edgeworth David T. W. 154, 356
Edwards 177
Egirton 450
Ehlich 208, 412
Eichwald см. Эйхвальд
Ehrenberg H. 69, 71, 72, 73
Ehrenberg P. 440
Einecke 38
Elie de Beaumont J. 67, 145, 153, 256
Eloed E. 395
Elster J. 478, 480
Elterlein A. 155, 164
Emden R. 401
Emmons S. 26, 263
Emmons W. 142
Engel 315
Engelhardt M. см. Энгельгардт М.
Engler C. 42, 319, 455, 476
Erdmann E. 455, 466
Erdmann H. 296
Erdmann O. 73
Erman A. 78, 82, 104, 194, 334
Eschwege W. L. 63, 187, 368
Estreicher T. 461
Etard 130
Etheridge 147, 154
Evans N. N. 296, 298
Eve A. S. 33, 479, 481
Ewald P. 346
Ewers P. 478
Ewing A. 58
Eydmann E. 138

Faber E. 370
Fabry 471
Fairbanks 151
Fairchild H. L. 63
Falk J. см. Фальк И.
Farquharson T. 65, 87
Farrington O. 27, 55, 57, 70
Faulhaber 185
Feilitzen 441
Fellenberg E. 171, 295
Ferber J. 373
Ferguson W. 152
Fernekes G. 260
Ferrel W. 393
Field F. 251
Finot E. 429
Finot L. 366
Fiore O. de 305
Fircks C. 111, 234, 235, 291, 385
Fischer H. 442, 470
Flanghaila T. 179
Flemming 480
Fletcher L. 137, 200, 253, 302
Flink G. 245
Flögel J. H. 69
Flores E. 465
Flourens 140
Fonseca Lobo B. 368
Foote Rob. Bruce 357
Forchhammer J. 55
Fordos 320
Forel F. A. 409
Foster M. 396
Foullon H. 293—295, 311, 314
Fouqué F. 59, 67, 429, 431, 432, 434, 451 453, 454
Fourcroy A. 12, 97
Fournet 77, 78, 180
Fox C. J. 403
Fraas 441
Fraas E. 173
Francforter G. 267
Fränkel S. 292
Frankland F. E. 402
Frech F. 39
Freise F. 172, 179—181, 187, 265, 368, 369
Frentzel 324
Frenzel A. 297
Fresenius H. 476
Freundlich H. 92

Friedel G. 348
Friedländer J. 356, 467
Fritsch K. 246, 247
Fuchs E. 152, 153, 155, 157, 169, 314, 349
Fühner 366
Fukuchi N. 305
Futterer K. 147, 154, 177—179, 182, 185

Garbe K. 286
Gärtner 11
Gascuel L. 283, 345, 357
Gaubert P. 301
Gaudchon H. 471
Gautier A. 29, 306, 426—430, 451—453, 458, 465, 474
Gazert H. 439, 442
Geerts A. 187
Gehrke J. 406
Geiger H. 461
Geiger J. 254
Geiger L. 20
Geikie A. 64, 447
Geitel 480
Gélis A. 320
Gemmellaro C. 307
Genth F. 125, 128, 129, 141, 144, 164, 278, 279, 284, 310
Georgi G. см. Георги И.
Gérardin A. 402, 412, 415
Gernez 301
Gesell A. 295
Gibbs W. 118, 119, 126
Gilbert G. 62
Ginth 285
Glaser G. 177—179
Gmelin J. F. 12, 286, 292, 296, 469
Gockel A. 478, 480—482
Godon Saint Memin 63
Goernons F. 58
Goldschmidt V. 288, 302
Goldstein E. 27, 469
Gorceix H. 357, 431, 434, 453
Goutier A. 64
Gowland W. 252, 264
Gräbner F. 79
Gräf 439
Gräfenberg L. 471
Graham R. 132
Graham T. 57
Graichen W. 349
Gran H. 439
Graton 149
Gray J. 461
Gregory J. 165
Greiss 93
Grevingk C. см. Гревингк К.
Gripon E. 320
Gropp 455
Grosse-Bohle H. 412
Groth P. 13, 16, 48, 253, 287, 294, 296, 301, 338, 342, 346
Grout F. 258
Gruithuisen P. 75
Grünling F. 364
Guerbet M. 319
Gueymard E. 94, 103
Gührich 349, 354
Guignet E. 54, 61
Guillaume C. E. 56
Guillet L. 56, 58, 59
Guiterman F. 142
Günther S. 20
Gurlt A. 292
Gürtler W. 47, 55, 56, 58, 84
Gutberlet W. K. 140, 141
Gutbier A. 338
Gutenberg B. 20
Guttmann O. 296
Guye 398
Guyton de Morveau 104

Haacke R. 414
Haas 178, 180, 185
Hackspill 93
Hadfield R. 79
Hadford T. 20
Haidinger W. 90, 137, 287
Hall 349
Hall A. 113
Hall R. 177, 178
Hallock 305
Hamberg 278
Hann J. 393
Hansteen H. 169
Harcourt 245
Harger 357
Harger H. 349—351, 355, 356, 358
Harker A. 26
Harrison A. 424
Hartley W. N. 72
Hartmann 113
Hartog V. 349
Hartt C. F. 95, 130, 131
Hassel 287
Hasselhoff E. 441
Hasslinger R. 356, 357
Hastings J. B. 145
Hatch F. 165, 166, 345, 349
Hatle E. 362
Hauchecorne 153, 189
Haug E. 67
Hausmann J. F. 89
Hautefeuille 251
Hauy R. 12, 132, 150, 244, 280
Hawes G. W. 64, 75
Haworth E. 433
Hayes A. A. 78
Hayes C. W. 38, 318, 319
Hayhurst W. 470
Hearne S. 265
Heberdey 287
Hébert A. 440
Hector J. 247
Heddle M. 65
Heen de 18
Heider A. 412
Heinisch W. 340, 341
Heinze B. 441
Helderman W. 253
Heller W. 348
Helm F. см. Гельм Ф.

Helmhacker R. 97, 109—111, 124, 132, 133, 135, 201, 206
Hempel W. 398
Hennwood W. 127
Henrich F. 417, 419, 475
Henriet H. 32, 35, 45, 397, 470, 472
Hergenreder J. 232
Hermann B. F. J. см. Герман И. Ф.
Hermann R. см. Герман Р.
Herrera A. 31
Hess F. 242, 293
Hevesy G. 474
Heyn E. 252
Hill B. 434
Hillebrand W. 51
Himstedt F. 33, 476, 478, 481
Hinrichs G. 393
Hintze C. 13, 41, 53, 57, 61, 63, 67, 85, 102, 103, 120, 121, 126, 128, 131, 132, 137, 161—164, 195, 241, 242, 244, 252, 278, 282, 289, 292—294, 296, 300—302, 304, 319, 328, 338, 339, 342, 345, 346, 357
Hintze G. 317
Hjort J. 311, 439
Hobbs W. H. 20, 359
Hoernes R. 362
Höfer F. 112, 286, 455
Höfer H. 311
Hoffmann E. см. Гофман Э.
Hoffmann G. 53, 55, 59, 63, 65, 74, 173, 248, 279
Hofmann A. W. 440
Hogley C. F. 428
Holmberg H. 235, 277, 383—385
Holmes H. W. 471
Holmes W. 301
Holtz H. 85, 87, 88
Hommel W. 285
Hoover 157, 162
Hoppe-Seyler F. 404, 410, 424, 425
Horner 96
Hornstein F. 64
Horwood C. B. 155
Hostmann C. 79
Houllevigue L. 43
Houzeau A. 471
Hrabák J. 185
Hüfner G. 404
Humboldt A. 102, 144, 172, 176, 182, 186, 187, 432, 454
Humphrey W. 113
Humphreys W. J. 393, 470, 471
Hundeshagen L. 99
Hunt T. 392
Hussak E. 85—91, 96, 102, 103, 115, 116, 126, 127, 154, 155, 157, 256, 355, 357, 358
Hutton F. 246
Hutton J. 143
Hviid N. 455

Ilosvay de Ilosva 470
Ioffe 319
Irving J. D. 165, 167
Irving R. D. 256, 262, 311
Isaak E. 85, 90, 92

Jack R. 147, 154
Jacob W. 42, 179, 182, 184, 186, 187
Jacobs H. 367, 368
Jacobsen O. 403, 407
Jacquelain 348
Jacquerod A. 428, 461
Jacquot E. 29, 474
Jähns M. 320, 321
Jakowicki J. 373
James R. 287
Jameson R. 346
Jamieson G. 53, 59
Jamieson 441
Jaquet J. B. 85, 95, 143
Jeans J. H. 392, 393, 401
Jeans J. S. 39
Jennecke A. 243
Jenner N. 152
Jenney W. P. 30
Jensen H. 365
Jernström A. M. 234, 385
Jervis G. 307, 314
Ježek B. 185
Jiriček K. 181, 185
John W. 27
Johnson J. P. 343, 349
Johnson P. 104, 127
Johnson W. 355
Johnston R. A. 54, 287, 355, 433
Johnstone J. 444, 449
Jolibois P. 296
Joly J. 479, 480
Jolyet F. 402
Jones H. B. 243, 443
Jörgensen S. M. 396
Jovanovitch D. 181
Jovitschitsch 443
Juday C. 409—411
Judd 64
Julien A. 349
Jung O. 245
Junghann O. 434
Justus J. 29, 474

Kaiser E. 342
Kampschulte W. 173
Kant E. 68
Karmarsch K. 286
Karppe 178
Karsten C. J. 339, 340
Karsten D. 105, 155
Karsten G. 421
Kassner C. 21
Kayser H. 417, 464, 467, 470
Keane A. H. 177, 178
Keding M. 442
Kellas A. 398, 417
Keller E. 342
Keller O. 22
Kellogg E. 318
Kelvin 447
Kemp J. 23,24, 84, 85, 90, 95, 97, 98 102, 104, 120, 122, 150, 151, 172, 256

Kennedi W. 318, 319
Kenngott G. A. 63, 346
Kernbaum M. 456, 481
Keutner J. 442
Keyes C. R. 63, 70,76, 174
Kinahan G. A. 179, 192
King C. W. 366—368
Kišpatič 304
Kitchin E. S. 428
Kjellberg B. 38
Klaproth M. H. 12, 66
Klason P. 300
Klatt V. 88
Klein C. 68
Knauthe K. 411
Knebel W. 309
Knoche W. 478—480
Knop A. 259, 260
Knopf A. 26, 96, 258
Knudsen M. 407
Kobell F. 11
Koch K. 333
Koene C. W. 447
Koenig A. 349, 395
Koenig J. 397, 402
Koeppen см. Кёппен
Kofler 479
Kohlbaum 286
Köhler 38, 480
Kohlschütter V. 138, 296, 349, 461
Koifman 85
Kolbe H. 435
Kolkwitz R. 317, 412
Königsberger J. 28, 361, 362
Kopp H. 112, 286, 292, 396
Kopp J. 11
Korsuchin см. Корзухин
Kositzky M. см. Козицкий М.
Kovacs 398
Koźmiński 327
Kraatz V. 136
Krafft A. 234
Krämer 318
Kraus 312
Krause 166
Krause J. 366—368
Kraut K. 72, 296, 469
Kreusler U. 396, 398
Kreutz F. 373
Krogh 399
Krüger F. 471
Krull 39
Krümmel O. 22, 33, 175, 404, 407, 409, 421
Krusch P. 155
Kruse W. 439, 456, 457, 459
Kruyff E. de 442
Kruyt H. R. 301
Kuhlberg A. 365
Kuhlmann J. 411
Kuntze O. 447
Kunz G. F. 355
Kunz J. 165
Kupffer A. см. Купффер А.
Kutorga см. Куторга
Laborde L. 476, 480
Lacroix A. 65, 87, 143, 144, 147, 158, 164, 167, 168, 297, 310, 349, 363, 369
Ladenburg E. 469
Ladrey 294
Lagorio см. Лагорио
Lampadius W. 104, 127
Landauer 458
Landeiro C. F. 125, 312
Landerer 180
Lane A. 256, 258
Lang V. 132
Lange H. 462, 463
Lapham J. 262
Lapparent A. 20, 44, 62, 261, 307
Lasaulx A. 69, 70, 120, 314, 432
Laspeyres H. 296
Laugier A. 27, 117, 122
Laurent 179
Lauterschläger L. 464, 466
Leather J. 423, 457
Lebeau 28
Le Blanc F. 451, 453, 454
Lebon G. 18, 32
Le Chatelier H. 58, 338, 346, 435, 456
Leclère M. A. 183, 265
Leduc A. 398, 400, 458
Lefort J. 412, 415, 420
Legendre R. 408
Lehmann 172
Leith C. K. 38, 39
Lelutyn A. 244
Lemberg см. Лемберг
Lemmermann O. 439
Lenard P. 18, 32, 88, 470
Lenber V. 142
Lenz H. O. 191
Leonhard 270, 299
Leonhard K. 11, 303, 304, 309, 311
Lepape A. 418, 419, 435, 436, 464—467, 477, 478
Leprince Ringuet F. 311
Lepsius 77, 178, 191, 408
Le Royer A. 409
Lersch B. M. 412, 419
Lesley J. P. 454
Levat A. 145, 158, 163, 182, 222—224, 226, 234
Levat D. 143
Levi M. 469, 471, 475, 476
Levine J. 458
Lévy A. 120, 121, 244
Lewis C. 349
Lewis W. 132
Lewy B. C. 397, 399, 400, 423
Lexis W. 178, 187, 189, 192
Liebenow 33
Lieske R. 317
Linck G. 396, 398, 453
Lincoln F. C. 34, 140, 143, 154
Lind S. 471
Lindeman F. 470
Lindenthal 273
Lindgren W. 136, 143, 149, 151, 164, 165, 189, 247, 248, 256, 431
Linne B. 301, 315

Linné C. 11, 15
Lippmann E. 292
Litschauer 179
Liveing S. D. 458, 468
Liversidge A. 70, 90, 135, 136, 140, 142, 152, 167, 251—253
Livingston D. 78
Lloyd S. J. 479
Lock A. 145, 154, 164
Lockyer N. 18, 75, 463
Lodin 161, 165, 166
Loewenstein W. 131
Löhnis 442
Loisel P. 477
Lorenzen J. 56, 70
Lorenzo G. 20
Loretz H. 309, 311
Losanitsch S. 443
Lotti 256
Lotz H. 358
Louis H. 132, 141, 154
Löw O. 28, 446
Lowell P. 392
Lucas de 307
Lucas R. 33, 475, 478, 480
Ludwig A. E. 346, 348
Ludwig F. 409, 416, 417
Lummer O. 347
Lungwitz E. 141
Luschin Ebengreuth 184
Luzi W. 338, 340, 341, 346, 356, 363, 386, 387

Macagno H. 399
Mac Casney 149
Macco A. 357
Mac Connell R. G. 151, 164
Mac Farland D. F. 433, 466
Mac Intosch D. 33
Mac Ivor R. W. E. 240, 293, 294, 298
Mac Keehan L. 130
Mackintosh Bell I. 95
Maclaren M. 156
Mac Lean H. 151
Mac Lennan J. 466, 468
Macmillan Brown J. 79
Mac Neill B. 190
Maey E. 240
Magli G. 463
Magnus G. 301
Maier см. Майер Г.
Mäkkinen E. 385
Makovsky 265
Mallet J. 171, 251, 262, 358
Mamelli 441
Manchot W. 173
Maravigna C. 451
Marchand R. 247, 411
Marès H. 319
Mark 287
Marquis E. 323
Martel E. 389
Martin K. 132, 342
Maskelyne 367
Massol G. 418, 464, 475
Masson 417, 450
Mather W. 140
Matignon C. 248
Matthey E. 294
Maurer E. 58
Maw G. 421
Mead W. J. 26
Mehring H. 402, 411, 412
Meldrum R. 261
Mellor E. T. 165
Mellquist H. 300
Melville W. 65
Mély F. de 173, 367
Mène C. 379
Menier 298
Mennell F. 26, 166
Mentzel C. 470
Mercalli G. 20, 308
Merensky H. 356—358
Merrill G. 63, 70, 143, 144, 346, 365
Merton 450
Merwin H. 51
Meunier St. 55, 59, 67, 71, 81, 91, 98, 99
Meyer E. 178, 179
Meyer G. 481
Meyer H. 338
Mialock U. 479
Michel-Lévy A. 59, 67
Miers 12
Miller W. C. 131, 170
Milne J. 20
Mingaye J. C. 88
Minnich C. 142, 189
Mitscherlich E. 304, 423
Miyoshi Manebu 317
Moesta 169
Moesveld A. 287
Mohr F. 69
Mohs F. 27, 137
Moissan H. 28, 42, 315, 338—342, 347—349, 359, 365, 386, 387, 398, 416, 418, 429, 430, 451, 463, 464
Molengraaf G. A. 349
Montelius O. 176, 180
Moore B. 441
Möricke W. 143—145, 155, 248, 255
Morley 399
Morren A. 411
Morren M. 32
Moss R J. 462
Mottura S. 314
Moulle 349
Moulton F. R. 75
Moureu C. 399, 417—419, 435, 436, 440, 464—467, 476, 477
Mouton 27
Much M. 176, 181, 265
Mügge O. 253, 297
Muir Patisson 396
Müller H. 28, 131, 140, 171, 172, 192, 289, 290, 299
Müller W. 261
Muñoz del Castillo J. 475
Münster C. A. 128, 131, 140, 169
Müntz A. 440
Murray J. 70, 71, 311, 439

Muthmann W. 301, 304
Mütschler L. 412

Naegeli 349
Nasini R. 52, 417, 430, 431, 451, 453, 465, 466, 469, 471, 475, 476
Nason F. 38
Nathansohn A. 317
Natterer K. 71, 405, 406
Nauckhoff R. 62
Naumann C. 244
Navarro F. 64
Neogi P. 80
Nernst W. 41, 47, 48
Neuburg F. 180, 181, 184
Neuburger M. 244, 251, 299
Neumann 180
Neumann B. 36, 37, 113, 114, 160, 161, 259, 285, 286, 293
Neumann F. 391
Newberry 142
Niederle 179
Niklewsky B. 459
Nikolau T. 56, 59, 75
Nöggerath J. 278—281
Nordenskiöld A. 57, 59, 62, 69, 70, 75, 76, 111, 235, 277, 346, 365
Nordenskiöld G. 151, 248
Nordström Th. 62
Norzi G. 430, 465, 466, 475

Ochmichen H. 155
Ochsenius C. 23
Oebbecke K. 59, 253
Oesh 455
Ogg A. 243, 287
Ogier J. 412
Ohlmüller 412
Oinougi Y. 304
Olie J. 339
Olshausen 77, 78
Oppert G. 177, 285, 286
Osann 55, 81, 86, 97
Osersky см. Озерский
Osmond F. 56—58, 60
Ostwald W. 16
Ouvrard L. 403, 412, 464
Owen E. 253
Ozorio de Almeida 54, 61

Pacini D. 480
Page T. 400
Palmen K. 234
Palmer C. 172
Palmieri L. 465
Pamfil G. 426, 452
Pander C. см. Пандер
Panichi U. 305
Papp K. (C.) 147, 179, 181, 432, 434
Park J. 278—280, 285
Parravano N. 296
Parris I. 412
Parrot G. см. Паррот
Parsons C. L. 285, 449
Partsch P. 82, 180
Patterson 450
Pearce R. 142, 154, 155, 157, 241
Pearson G. 415
Peary R. E. 77, 78
Pechard 94
Peligot 415
Pelikan 166
Pelletier 102, 113, 114
Pennock I. D. 449
Penrose 166
Perdrizet P. 180
Perrot F. L. 461
Pesendorfer F. 464
Peters F. 252
Petrie Flinders 78, 177
Petschek P. 454
Pettenkofer M. 446
Petterd W. 143, 242, 287, 288
Pettersson O. 406
Pfaff 12
Pfaffius S. 64
Pfitzmaier P. 183
Phalen W. S. 54, 59
Phillips 285
Phillips J. 141, 153, 157, 165, 298
Phillips W. 282, 294
Phipson T. 284, 319, 447
Phragmen G. 58
Pickel G. 459
Pickering E. C. 458, 481
Pictet 69
Piddington H. 126
Pieschke см. Пешке
Pilla L. 451
Piña de Rubiis 88
Pisani F. 250
Pittman E. 103, 136, 144, 154, 161, 283, 355
Piutti A. 463, 465, 468
Planche 320
Plauchud E. 317
Playfair J. 143
Plinius C. 180
Pocchettino 480
Poggendorff J. C. 12, 340
Pogue I. E. 142
Pöhlmann R. 163
Poincaré L. 43, 400
Pollacci E. 42, 319, 441
Pontie A. 357
Porlezza C. 430, 465, 466, 468, 469, 475
Pošepny F. 154, 160, 165, 166, 185, 202—204
Posewitz T. 158, 183, 297
Pott H. см. Потт
Pouchet 15
Prandtl W. 397
Prażmovski A. 422
Precht H. 455
Preston G. 253
Pring H. 469
Pring J. 470
Prinz W. 27
Pritchard W. A. 150, 151
Proust J. 63, 89
Prytz K. 466
Pumpelly R. 256, 257
Purdué A. H. 355

Pusch J. B. 327
Pütter A. 406
Putz H. 364

Quercigh E. 302
Quiring H. 185

Raimondi A. 247, 280
Ramdohr 131
Ramirez P. 96, 186
Rammelsberg C. F. 12, 13, 341
Ramsay W. 89, 396, 399, 400, 402, 403, 417, 428, 461, 463, 467, 476, 481
Randall-Macivor D. 177, 178
Ransome F. L. 431
Ranyard A. C. 70
Rath G. 132, 135, 241, 242, 253, 304, 305, 314
Ray Chandra P. 286, 345
Rayleigh 400, 402, 403, 417, 458, 464, 471
Read T. 96, 244
Regener E. 470
Regnard P. 402, 404
Regnault V. 397, 399
Reichardt E. 402, 412, 415, 423, 424, 455
Reichenbach 69, 73, 75, 76, 280
Reicher L. T. 301
Reid H. 20
Reinach T. 180, 191
Reincke J. 442
Reinders W. 243
Reineggs 208
Reinwardt 144
Reiset J. 397
Renard A. 70, 71
Renaudet 31
Renk F. 397, 400
Reppert H. 296
Retgers 287
Reuning E. 183
Reuss A. 63, 64
Revers F. 112
Reyer E. 21, 429
Rhodes 307
Ribaud G. 348
Richardson G. 318, 434, 455
Rickard T. 147, 151, 152, 154, 157, 162, 258, 295, 473
Rickmers 234
Ridgeway 79
Ries H. 151, 371, 433, 454
Riess L. 187
Ringer 300
Rinne F. 55, 56, 59, 300, 302, 455
Rio A. del 125
Ritter 367, 391, 400
Rivot L. 339
Robillaz F. 134, 136, 144
Rochata C. 180, 181, 185
Rogers A. 349, 351, 355
Romé De l'Isle 132, 137, 244
Römer F. 296
Romocki S. J. 320, 321
Roncière C. de la 181
Roozeboom B. 338, 348
Rosales 145
Rose G. 74, 81, 94, 97, 98, 100, 108, 111, 118—120, 123, 128, 130, 132, 135, 137, 149, 197—203, 209, 240, 251—253, 260, 268—270, 273, 287, 294, 296, 328, 339, 342, 344, 348, 372, 377
Rose H. 455
Rose T. K. 130, 131
Rosenbusch H. 360, 362
Rosenheim O. 386
Ross J. 62, 78
Ross O. 319
Rossi G. de 441
Rossignol J. P. 264
Rössing A. 36, 285
Rössler F. 240
Roth J. 41, 63, 64, 256, 259, 260, 261, 278, 290, 297, 310, 311, 434
Roth W. 338
Roush G. 369
Rozet 145
Rücker W. 181
Rudler 179, 180
Rudzki T. 404
Ruer R. 58, 126
Ruhland G. 189
Ruhr R. 55, 58, 126
Runge C. 400, 479, 480
Russel 144
Russel J. 308, 309
Russell F. 397, 424
Rutherford E. 18, 27, 461, 480

Sabatier P. 471
Sachse 339
Sackett W. 442
Sacy S. de 286
Sadebeck A. 137, 342
Sahlbom N. 477
Sainte Claire Deville Ch. 307, 453, 454
Sainte Claire Deville H. 83, 88, 111, 118—120, 451
Salet G. 470
Salisbury R. D. 76
Salvadori R. 52, 430, 431, 451, 453, 466, 475
Sanderson J. C. 478
Santini de Riols E. N. 366
Sarlin E. 111
Sartorius v. Waltershausen W. 432
Satterly J. 475, 478
Sauer M. 275
Scaliger J. C. 112
Schafhäutl C. 387
Scheerer 426, 455
Scheffer H. T. 93, 113
Scheins M. 191
Schelenz H. E. 471
Schenck F. 348
Schenker E. 349
Schlagintweit A. 412, 422
Schlagintweit H. 412, 422
Schleicher A. 56
Schlenck W. 416, 443, 459
Schlesinger F. 20
Schloesing A. 444

Schloesing T. 398, 423—425, 434, 435
Schmeisser C. 144, 151, 152, 154, 157, 166
Schmidt 311
Schmidt C. см. Шмидт К.
Schmidt R. 27
Schmitz 247
Schneider E. 141, 247
Schönbein C. F. 442
Schrader O. 176
Schrauf A. 11, 246, 253, 258, 345
Schüler G. 111
Schultre E. 80
Schumacher F. 179
Schurtz H. 185
Schwantke A. 64—66, 68
Schwarz E. 20, 22, 59, 66, 349—351, 356, 359, 448
Schwarz M. 253
Schweigger J. 112
Seamon 127
Sederholm J. 234, 360, 385, 386
Seegen 473
Sefström N. L. 340
Seligmann G. 261
Sella 345, 480
Selvyn A. R. 164, 284
Semper 147, 156, 295
Senter G. 428
Shaler M.K. 349
Sharwood W. J. 155
Shaw S. 425
Shepherd E. 305, 430
Shimidzu T. 300
Shorey E. C. 318
Shuster 70, 74
Sichling K. 349
Siebert W. 296
Siedentopf H. 27
Sieveking H. 464, 466, 476
Siewerts A. 89
Sigmund A. 346
Silvestri O. 69, 301, 432, 454
Simmer H. 308
Simpson G. 479
Singewald J. 259
Sirovich G. 58
Sittl K. 264
Sjögren H. 38, 244, 346
Skey W. 27, 54, 61, 74, 242, 279, 473
Slavíc F. 185
Slighter C. S. 23
Slipher 400
Smith A. 301, 398, 400
Smith G. 428
Smith J. 363
Smith J. L. 416
Smith L. 54, 56, 60, 62, 64, 67, 454
Smith O. 480
Smith S. 56, 59
Smits A. 301, 348
Smoluchowski M. 21
Smyth C. H. 444
Soddy F. 461, 481
Soetbeer A. 36, 42, 185, 187, 189
Sonnenschein F. 247
Sonstadt E. 140
Sorby H. C. 346
Sorge K. 454
Soyka J. 425
Spencer L. J. 282, 345
Speter M. 396
Spezia G. 27, 314
Spilker A. 318
Spitta O. 317, 412, 424, 446, 457
Sprengel K. 318
Spring W. 426
Spurr J. 144, 145, 153, 161
Stahl A. 196
Stappenbeck R. 163
Stark J. 18
Stas 397
Staszic S. 80
Steenstrup K. 54, 56, 59, 62, 422
Stefani C. 307
Stefánsson V. 265
Stein A. 280
Stein W. 132
Steinmann G. 259
Stelzner A. 147, 153, 154, 157, 159, 164, 166—168, 256, 289, 314, 356
Stephani O. 455
Sterry Hunt H. 10, 312
Steuernagel C. 412
Stevenson J. 402, 447
Stočes B. 185
Stock A. 296
Stocker 50
Stokes H. 173
Stokes R. 165
Stoklasa S. 441
Stone 349, 354
Stoney G. J. 392, 468
Störmer C. 391, 394, 468
Streeter E. 366
Strunz F. 285
Strutt R. 33, 395, 450, 461, 463, 465, 468
Stur D. 360, 362
Stutzer O. 349, 371
Subramania Aiyer P. 424
Suckow G. 260
Suess E. 98, 152—154, 167—169, 176, 187, 189, 248, 378
Sullivan E. C. 261
Sutton J. 342
Suzuki M. 304
Svanberg L. 87, 116
Svedberg T. 27, 316
Swinne см. Свинне Р.

Tacchini 70, 74
Tamm 130
Tammann G. 55, 56, 58, 85, 90, 92, 338
Tarr 151, 153, 168
Taubert P. 441
Tavernier J. B. 367
Teisserenc de Bort L. 400, 468
Tennant Smithson 117
Tenne 180, 244, 304, 314
Terreil A. 73, 86
Thiene H. 20, 67
Thienemann A. 412
Thierry M. de 470

Thomas E. S. 177
Thomas J. W. 436
Thomsen J. 462, 463
Thomson E. 62
Thomson J. A. 355, 356,
Thomson J. J. 18, 394, 399, 469, 475, 478
Thomson T. 283
Thoroddsen T. 321
Thoulet J. 70, 359, 403
Tiberg H. 37—39, 280
Tidy 412
Tiede E. 395
Tilden W. 83, 427 461, 463
Tilghman B. C. 63
Tillmans J. 412
Tissandier G. 70—73
Tomaschek W. 182, 183, 191
Torkelson T. 417, 419, 430, 452, 453, 466, 476
Törnebohm 38, 39, 154
Tornö H. 403
Tower O. F. 398
Trabert W. 20, 391, 393
Traube H. 145
Trautschold см. Траутшольд
Travers M. W. 428, 461—463
Treubert F. 43
Treviranus G. R. 156
Trillat A. 34
Troost L. 403, 412, 464
Trowbridge C. 76
Truscott S., 166
Trüstedt O. 239, 277, 291, 384
Tschermak G. 13, 16, 56, 268, 327
Tschudi J. J. 345
Turner H. W. 142, 150
Twelvetrees 143
Tyrrell J. B. 63

Ulloa A. 104, 112
Ulrich G. 64, 241, 242, 284
Upham W. 75

Valliant W. 136
Van Breukelveen M. 434
Vandelli 266
Van der Veen A. L. 342
Vandevelde A. 112
Van Heck J. G. 307
Van Hise C. R. 22, 23, 26, 141, 145, 154, 262, 444, 445
Van't Hoff 403
Vauquelin 12, 94, 104
Vélain C. 371
Viebig W. 290
Villain 94, 136
Vincent J. 21
Vogdt K. 461
Vogel J. 441, 442
Vogel R. 240, 347
Vogt J. H. 21—23, 26, 29, 34, 36, 72, 95, 96, 140, 169, 257, 264, 365, 474
Voit F. W. 165, 257, 267, 349, 353, 354, 357
Voller A. 455, 466
Volz W. 307
Voss W. 247
Vredenburg E. 358

Wada T. 122, 183, 298
Wadsworth M. E. 256
Wagner H. 22
Wagner J. см. Вагнер И.
Wagner P. A. 349—355
Wagoner L. 140, 144
Waksmann S. 319
Walcott R. H. 287
Walker E. 275
Walker T. 296
Wallace E. 318
Wallasch H. 338
Wallerius J. G. 280
Walter 27
Walter B. 345, 386, 455, 466
Waltershausen 432
Walther B. 417
Walther J. 364, 471
Wanklyn J. 27, 473
Ward C. 363
Warren C. 296, 298
Warren H. 88, 469
Washington H. 26, 355
Watson H. 398, 399
Watson W. 112, 113
Webb Hodge F. 77—79
Websky J. 436
Weddell I. 26
Wedding H. 73, 78
Weed W. H. 141, 155, 256, 259, 261, 263, 266
Wegener A. 393, 400
Wehnelt A. 33
Weidig M. 476
Weigel O. 275
Weinschenk E. 23, 44, 338, 362—365, 370, 371, 387
Weinzierl R. 370
Weisbach A. 11
Weiske H. 73
Weissberg J. 42
Weissermel W. 358
Weisz T. 181
Wells H. 283
Wencker H. 265
Wendt 458
Werner A. 11, 172
Westgren A. 58
Weyberg S. см. Вейберг С.
Wherry T. 300
Whipple G. 404
Whipple M. 404
White 176
Whittlesey C. 266
Wibel F. 132, 260
Wiechert E. 67
Wiedemann A. 266
Wiesler A. 140
Wigand A. 301, 302
Wiik F. J. 277, 384
Wilde H. 463
Wilde P. 140

Wilkinson 135, 140
Willard J. T. 285
Williams G. F. 343, 368, 369
Williamson 95
Willm 29, 474
Wilmot F. E. 317
Wilson C. T. 481
Wimmer 145
Winchell H. V. 266
Winckler H. 177, 180, 460
Winkler C. 67
Winkler L. 409
Winogradsky см. Виноградский С.
Winterson W. 428
Wisotzki 156
Witting R. 406
Wöhler F. 57, 126, 279
Wolf J. 357
Wolf T. 473
Wolff 159
Wollaston W. H. 85, 91, 117
Wood 52
Wood A. 265
Woodruff E. G. 309
Wourtzel E. 398, 458
Wraný A. 185, 292
Wright A. 426
Wright C. 479
Wright J. 480
Wulf T. 478, 480, 481
Wülfing E. 70, 76, 345
Würschmidt 287
Wurtz H. 142, 433

Young R. B. 165
Yung E. 70

Zeijszner L. 328
Zenger K. W. 252, 253, 470
Zenghelis C. 33
Zepharovich V. 147, 244, 246, 247, 295, 296, 314, 315
Zerrenner C. 281, 372
Zickendrath см. Циккендрат Э.
Ziess E. 430
Zippe F. X. 264, 285
Zirkel F. 63, 70, 364
Zuntz N. 398, 410, 411, 446

358033.

Томский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт им. С. М. Кирова
Научно-техническая библиотека

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции 3

ОПЫТ ОПИСАТЕЛЬНОЙ МИНЕРАЛОГИИ

Том I. Самородные элементы

Предисловие к первому изданию 7
От автора 8

ВВЕДЕНИЕ

Несколько замечаний о классификации минералов (§ 1—9) 11

САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Общие замечания

Радиоактивность материи (§ 10, 11) 18
Земная кора (§ 12—14) 20
Химический состав земной коры (§ 15, 16) 23
Самородные элементы в земной коре (§ 17, 18) 26
Самородные элементы в поверхностной литосфере (§ 19—23) 29
Самородные элементы другого характера (§ 24, 25) 34
Деятельность человека (§ 26—29) 35
Количество самородных элементов (§ 30) 39
Изменение самородных элементов (§ 31—34) 40
Геологическое время и образование минералов (§ 35—37) 43
Химические элементы как минералы (§ 38) 47
Минералы группы самородных элементов (§ 39) 49

ТВЕРДЫЕ И ЖИДКИЕ САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

А. Металлы

Самородное железо-никель.

Феррит. Камасит. Тэнит. Октиббегит. Аваруит 53
Химический состав (§ 40—43) 53
Физические свойства (§ 44—47) 57
Нахождение в земной коре (§ 48—53) 61
Самородное железо в атмосферной пыли и на дне океанов (§ 54—58) . 68
Изменение самородного железа (§ 59) 74
Значение космического железа в земной коре (§ 60) 75
Труд человека (§ 61, 62) 77
Самородное железо в России (§ 63) 80
Диагностика самородного железа (§ 64) 82

Природные платина — иридий — палладий — железо.

Платина. α-Ферроплатина. β-Ферроплатина. Поликсен. α-Поликсен. β-Поликсен. Иридий. Иридистая платина. Палладистая платина. α-Палладистая платина. β-Палладистая платина. Палладий 83
Химический состав (§ 65—70) 83
Физические свойства (§ 71—73 90

Нахождение в земной коре (§ 74—80) 94
Изменение платины (§ 81) 103
Платина в России (§ 82—84) 104
Иридий, придистая платина, палладий в России (§ 85) 111
Труд человека (§ 86, 87) 112
Диагностика (§ 88) 115

Природные осмий — рутений — родий — иридий.

Сысерскит. Невьянскит. Осмит. Рутениевый невьянскит. Родиевый невьянскит. Платиновый невьянскит 116
Химический состав (§ 89, 92) 116
Физические свойства (§ 93, 94) 120
Нахождение в земной коре (§ 95) 122
Распространение в России (§ 96) 123
Труд человека (§ 97) 124
Определение (§ 98) 125

Природные золото — палладий — родий.

Порпецит. Иридистое золото. Платинистое золото. Родит 125
Химический состав и физические свойства (§ 99, 100) 125
Нахождение в природе (§ 101) 127
Определение (§ 102) 128

Природные золото — серебро — медь.

Золото. Электрум. Серебро. Кюстелит. Медистое золото. Медистое серебро (?). Цинковое серебро 128
Химический состав (§ 103—105) 128
Физические свойства золота и электрума (§ 106, 107) 132
Физические свойства самородного серебра (§ 108) 137
Нахождение золота в земной коре (§ 109—130) 140
Электрум и медистое золото в земной коре (§ 131, 132) 167
Серебро и кюстелит в земной коре (§ 133—135) 169
Изменение серебра (§ 136, 137) 173
История золота (§ 138—149) 175
История электрума и серебра (§ 150, 151) 190
Золото в России (§ 152—171) 192
Электрум и медистое золото в России (§ 172) 235
Серебро в России (§ 173—176) 236
Определение (§ 177) 239

Природные золото — серебро — висмут.

Бисмутаурит. Мальдонит. Чиленит 240
Химический состав и физические свойства (§ 178—180) 240
Распространение в земной коре (§ 181) 241
Определение (§ 182) 242

Ртуть и природные амальгамы: золото — серебро — ртуть.

Ртуть. Конгсбергит. Аркверит. Золотая амальгама. Аурамальгама . . 242
Химический состав (§ 183—185) 242
Физические свойства (§ 186) 244
Нахождение в земной коре (§ 187, 188) 245
Изменение ртути и амальгам (§ 189, 190) 248
Ртуть и амальгамы в России (§ 191) 249
Труд человека (§ 192) 250
Определение (§ 193) 251

Медь.

Самородная медь (?). Серебристая медь (?). Железистая медь. Купрокуприт 251

Химический состав (§ 194) 251
Физические свойства (§ 195) 252
Самородная медь в земной коре (§ 196—201) 254
Изменение самородной меди (§ 202) 262
История меди (§ 203, 204) 263
Самородная медь в России (§ 205—211) 267
Определение (§ 212) 277
Свинец.
Самородный свинец 278
Химический состав и физические свойства (§ 213) 278
Нахождение в земной коре (§ 214) 279
Самородный свинец в России (§ 215) 280
Изменение самородного свинца. Труд человека (§ 216) 281
Определение (§ 217) 282
Олово.
Самородное олово 282
Химический состав и физические свойства (§ 218) 282
Нахождение в природе. Труд человека (§ 219) 282
Нахождение в России (§ 220) 283
Определение (§ 221) 284
Цинк.
Самородный цинк (§ 222) 284
Нахождение в природе (§ 223) 284
Труд человека (§ 224) 285
Определение (§ 225) 286
Висмут.
Самородный висмут 286
Химический состав и физические свойства (§ 226, 227) 286
Нахождение в природе (§ 228—229) 288
Висмут в России (§ 230) 290
Труд человека (§ 231) 291
Определение (§ 232) 293
Теллур.
Самородный теллур 293
Химический состав и физические свойства (§ 233) 293
Нахождение в земной коре (§ 234) 294
Определение (§ 235) 295
Природные мышьяк и сурьма.
Самородный мышьяк. Аллемонтит (?). Сурьмянистый мышьяк. Самородная сурьма 295
Химический состав и физические свойства (§ 236, 237) 295
Нахождение в земной коре (§ 238) 297
Труд человека (§ 239) 298
Нахождение в России (§ 240) 299
Определение (§ 241) 299

Б. Металлоиды

Природные сера — селен — мышьяк.
α-Сера. β-Сера. γ-Сера. Жидкая сера. Аморфная сера. Газообразная сера. Волканит (?). Теллуристая сера. Арсеносульфурит 300
Химический состав (§ 242) 300
Физические свойства (§ 243—245) 301

Нахождение в земной коре (§ 246—262) 305
Изменение самородной серы (§ 263) 319
Труд человека (§ 264, 265) 320
Сера в России (§ 266—271) 322
Определение (§ 272) 338
Природный углерод.
Алмаз. Борт. Карбонадо. Графит (?). Графитит. Шунгит 338
Химический состав и явления полиморфизма (§ 273—276) 338
Физические свойства (§ 277—281) 342
Алмаз в земной коре (§ 282—291) 349
Графит в земной коре (§ 292—296) 359
Изменение графита (§ 297) 365
История алмаза (§ 298—300) 366
История графита (§ 301) 369
Алмаз в России (§ 302) 371
Графит в России (§ 303—308) 372
Шунгит в России (§ 309) 385
Определение (§ 310) 386

ГАЗООБРАЗНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Общие замечания (§ 311, 312) 388
Форма нахождения газов в земной коре (§ 313—318) 389
Классификация природных газов (§ 319—321) 394
Элементарные газы воздуха.
Кислород. Азот. Аргон. Неон. Криптон. Ксенон 396
Элементарные газы атмосферы (§ 322—330) 396
Элементарные газы в гидросфере (§ 331—334) 402
Элементарные газы в литосфере (§ 335—362) 408
Изменение азота (§ 363—367) 440
Изменение кислорода (§ 368, 369) 444
Кислород в геологической истории (§ 370, 371) 446
Деятельность человека (§ 372, 373) 448
Газы воздуха в струях в России (§ 374) 450
Газы в реках и озерах России (§ 375) 450
Судьба благородных газов (§ 376) 450
Водород.
Водород в литосфере (§ 377—383) 450
Водород в атмосфере (§ 384) 457
Изменение водорода (§ 385) 458
Деятельность человека (§ 386) 459
Водород в России (§ 387) 459
Гелий.
Гелий в литосфере (§ 388—393) 460
Гелий в атмосфере (§ 394) 467
Судьба гелия (§ 395) 468
Гелий и человек (§ 396) 468
Гелий в России (§ 397) 468
Озон.
Образование в земной коре (§ 398—400) 469
Изменение озона (§ 401) 471
Озон в России (§ 402) 472

Хлор.
Нахождение в земной коре (§ 403, 404) 472
Иод.
Нахождение иода в природе (§ 405) 473
Радиоактивные эманации.
Радон. Торон. Актиноп. 474
Общие замечания (§ 406—407) 474
Радон и торон в литосфере (§ 408, 409) 475
Радон в гидросфере (§ 410) 478
Эманации в атмосфере (§ 411, 412) 479
Изменение эманаций (§ 413) 481
Эманации в России (§ 414) 482

Цитированная литература 485

УКАЗАТЕЛИ

Указатель минералов 545

Географический указатель 551

Указатель авторов 585

ОПЕЧАТКИ
К I ТОМУ ИЗБРАННЫХ СОЧИНЕНИЙ В. И. ВЕРНАДСКОГО

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
232	Табл. 22, 1-я св.	$4,55 \cdot 10^{9}$	$4,5 \cdot 10^{9}$
	Там же, 3-я св.	$8,2 \cdot 10^{4}$	$8,3 \cdot 10^{4}$
267	Табл. 26	конкреционные жилья	конкреционные жилы
577	22 св.	монацит из урановой смоляной руды	монацит и урановая смоляная руда

Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Академии наук СССР

*

Редактор издательства *Н. Р. Кун*
Технический редактор *Е. В. Зеленкова*

*

РИСО АН СССР № 5514. Сдано в набор 20/V 1955 г.
Подп. в печать 11/X 1955 г. Формат бум. 70×108 1/16.
Печ. л. 38,5 =52,7+1 вкл. Уч.-изд. лист. 58,1+вкл. 0,1 (58,2)
Тираж 5500. Т-08616 Изд. № 935. Тип. зак. 1390.

Цена 40 р.

Издательство АН СССР. Москва, Б-64, Подсосенский пер., д. 21

2-я типография Издательства Академии наук СССР.
Москва, Шубинский пер., д. 10

43

ОПЕЧАТКИ

Стран ица	Строка	Напечатано	Следует читать
18	6—7 сн.	Crookes, 88, тр. 55	Crookes, 1886, стр. 155
119	1 сн.	Cibbs	Gibbs
416	21 св.	CH_{48}	CH_4^8
567	30 сн.	Малая Вясьма	Малая Нясьма

Научно-техническая библиотека ТПУ
13821000392610