

## НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ В НАПРАВЛЕНИЯХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Ф. Н. ШАХОВ (СО АН СССР)

Восемь лет тому назад мне пришлось выступать на совещании с подобным докладом. Надо сказать, что с тех пор произошли значительные изменения в представлениях о генезисе месторождений вообще и золотых в частности. Значительные успехи имеются также и в методах исследований, особенно геохимических. Для научных исследований в области геохимии золота открываются значительные перспективы, и некоторые направления я позволю себе рассмотреть в этом докладе.

Сравнительно недавно, еще в 1960 году, мы могли только мечтать о точных и чутких методах определения золота в породах и рудах. Отсутствие таких методов препятствовало изучению геохимии золота и, в частности, постановке и развитию геохимических методов поисков. В настоящее время предложены и используются новые методы, необычайно быстро совершенствующиеся. В программе нашего совещания по этой теме стоят несколько докладов. Теперь можно сказать уверенно, что в науке и практике создалась обстановка, позволяющая широко поставить изучение распределения золота в горных породах.

Можно считать реальными мелкомасштабные геохимические съемки, с помощью которых можно будет обнаруживать формации пород с высокими кларками золота и рассматривать их как районы, благоприятные для установления древних золотоносных россыпей и возможных более поздних концентраций золота эндогенными процессами. Установление круговорота золота в земной коре имеет реальные основания.

Реальные основания имеются и для раскрытия причин явления «унаследованности» золота рудоносными расплавами и растворами во времени. Дело в том, что во многих районах, часто даже в пределах одного рудного пояса наблюдаются золотые месторождения разного возраста. Хорошим примером могут служить районы северо-востока Сибири, где встречаются золоторудные месторождения, возникшие в докембрии, юре, меле и кайнозое [10]. Создается впечатление, что в одном районе разновозрастные магматические процессы сопровождаются одинаково специализированными по составу рудообразующими растворами, создающими золотосодержащие руды. Серьезных исследований по установлению причин унаследованности не проводилось. Можно лишь

только, учитывая сам факт, констатировать, что такое явление встречается в районах с наиболее сложной историей геологических событий, там, где имеются интрузии разного возраста, и должно быть характерно для докембрийских щитов, где нередко и встречаются крупные золоторудные месторождения. Отсюда можно прийти лишь к выводу, что геологическая сложность района может рассматриваться как благоприятный фактор для образования концентрированной минерализации.

Явление унаследованности оказывается характерным не только для золота. Совсем недавно вышла из печати работа Шулинга [13], в которой рассматриваются оловянные пояса Атлантического океана. Автор утверждает, что в пределах поясов наблюдаются руды различного возраста, и приходит к заключению, что такое «унаследование» эндогенными растворами олова может иметь место только в случае усвоения его растворами из пород сиалической коры. Доказательством этого вывода он считает приуроченность промышленных месторождений к зонам первично богатых оловом пород. Подобное высказывание мы встречаем у М. И. Ициксон [3] для оловянных месторождений Тихоокеанских континентальных поясов.

В свое время мною высказывалось предположение, что рождение золоторудных месторождений связано с содержанием золота в породах пассивных толщ [9]. Но я не искал глубин, как источников растворов, полагая, что золото из пород в равной мере усваивают как палингенные магмы, так и растворы, отходящие от них. Это предположение в то время являлось в известной мере спекулятивным, но теперь оно уже имеет право проверки геохимическими исследованиями.

Очень близка к идее «унаследованности» мысль о миграции золота. круговороте его из осадков в магму и снова в осадки. Решать эту проблему также теперь можно при помощи тщательных геохимических исследований. Вопрос этот более тридцати лет тому назад был поставлен П. А. Харитоновым [7], но не нашел заметных откликов в печати.

Как это ни странно, но проблемой стал вопрос об источниках золота рудных месторождений. Большим распространением пользуется мнение Ниггли и Шнейдергена, что растворы «магматогенного» происхождения выносят рудное вещество из магмы. В свете ранее высказанных положений эти взгляды требуют дополнительного обсуждения.

До сих пор сомнению не подвергался взгляд, что источником золота, содержащегося в медно-никелевых рудах типа Седбери, является сама габброидная магма. Некоторое сомнение в этом вызывает статья Шеня и Ланге [11], которые пришли к выводу, что сульфидные руды типа Седбери возникли при усвоении габброидной магмой серы из боковых пород.

При допущении палингенного происхождения магматического расплава нужно также допустить, что отдаленным источником металлов в растворах должны являться породы или вещество субстрата.

Но золото и др. элементы могут заимствоваться не только магмами, но и исходящими от них растворами из пород пассивной толщи. Известны районы, например, где урановая минерализация развита среди пород с высоким кларком урана. Отмечается также подобная связь для золоторудных месторождений. Поэтому совершенно естественной кажется мысль, что горячие магматогенные растворы могут вызывать перегруппировки и дополнительные концентрации золота в породах, где оно до этого находилось в рассеянном состоянии.

Некоторые исследования (Г. Н. Аношин), проведенные в нашей лаборатории, позволяют думать, что даже растворы, совершенно не содержащие золота, обладают способностью растворять и перетлагать золото пород, в которых они циркулируют. Исследования

Н. А. и Н. В. Росляковых в рудных полях Мариинской Тайги и Забайкалья с несомненностью доказывают перемещение золота в процессе гидротермального метаморфизма и последующую концентрацию его в кварцевых жилах.

Приведенный материал позволяет думать, что золото в рудах может иметь различные источники. Не исключена возможность, что в природе могут возникать руды с золотом, принесенным из магмы и из боковых пород, вмещающих месторождение. Возникает необходимость различать такие месторождения, потому что месторождения разного генезиса могут отличаться и экономически, так как размеры концентрации золота могут быть различными.

Большой интерес для понимания генетической связи руд с материнскими плутонами вызывают механизм и время отделения рудообразующих растворов от магматического расплава. Наиболее распространено представление, в свое время поддержанное А. Е. Ферсманом [6], что летучие растворы отделяются от магмы по мере понижения ее температуры и частично концентрируются в остаточных расплавах. Но геологи всегда знали, что в телах пегматитов очень редко и очень слабо проявляется концентрация золота и цветных металлов.

С этим представлением об охлаждении магмы, как основной причине отделения летучих, не увязывается, прежде всего, вывод Барта [1] о том, что летучие из магматического расплава удаляются тем труднее, чем больше расстояние от его камеры до земной поверхности. Правда, А. Е. Ферсман также полагал, что давление препятствует выделению летучих из магматического расплава, но он не рассматривал понижение давления как причину отделения летучих от магматического расплава.

Нам приходилось ранее отмечать, что выделение летучих из магматического расплава связано с развитием трещин в стенках камеры ([9], стр. 93). При этом должно возникать понижение давления, инъекция магмы в трещины, уход летучих и кристаллизация лишенного их магматического расплава. В этом случае летучие сопровождают движение магматического расплава. Кажется справедливым мнение Спэра: откуда дайки, оттуда руды. Ныне в этих случаях говорят о парагенетической связи руд и даек. Всем известны пространственные ассоциации руд с так называемыми малыми интрузиями, порою с обширными поясами даек, т. е. с движениями магмы, обусловленными возникновением поясов разломов и изменением давления.

Но бывают случаи концентрации летучих в апофизах и дайках, особенно в их верхних частях. Так, всем известны трубки месторождения Ла-Колорадо в Канане, выделение из которых летучих приводило к образованию брекчий взрыва. Недавно Н. А. Солодов при описании редкометальных пегматитов отметил их склонность переходить с глубиной в породы, очень близкие по составу гранитам [4]. В этих случаях источником летучих являются сами малые интрузии. Получается впечатление, что в магме, движущейся в области низких давлений, возникает отделение летучих — вскипание. Таким образом, понижение давления может быть обусловлено не только образованием трещин, достигающих магматического расплава, но также достижением самим расплавом областей низких давлений. С этих позиций привлекает внимание совершенно бесспорное богатство летучими гранитных куполов. Ниже их когда-то Эммонс рисовал мертвую линию, под которой не образуется рудных месторождений. Можно сделать предположение, подкрепляемое рядом геологических данных, что неровность кровли батолита обязана движениям расплава. Куполы, как и апофизы, являются

подвижными частями гранитного батолита. Об этом свидетельствуют наблюдения различных геологов.

Изучение поверхности гранитного батолита Рудных гор Тишендорфом и др. немецкими геологами [14] обнаружило, что вскрытые эрозией известные рудоносные массивы являются куполами огромного гранитного тела. На карте, составленной ими, обращает на себя внимание подчинение основания батолита иным структурам, чем куполы, порою имеющие форму гребней и следующие в своем направлении другим, вероятно, более поздним структурам. Все рудные поля приурочены к куполам или гребням этого массива.

Движение магмы в куполах давно известно. Обломки роговиков или обломки мелкозернистых гранитов в гранитах поздних стадий истолковываются не как локальное явление, свидетельствующее о местном движении, но как доказательство интрузии батолита. Достаточно принять, что движется магма купола, и пересечение границей гранита тела кварцевых жил и пегматитов в ряде случаев сделает ясным генезис «добатолитовых» руд.

Движение магмы в куполе может опережать, вернее, накладываться на продукты ранней деятельности летучих. В этом отношении привлекает внимание материал, приводимый Ю. Н. Трушковым [5], по районам Якутии. По его данным, в пределах одной тектонической глыбы апикальные части куполов располагаются примерно на одном гипсометрическом уровне. Оловорудные месторождения приурочены к вершинам куполов, а золотые располагаются гипсометрически ниже, на 100—500 м. Автор полагает, что источником золота явились «глубинные очаги».

Изложенное заставляет нас ставить вопрос о том, что понижение давления является главным фактором, содействующим отделению летучих от магматического расплава. Оно может возникать при достижении трещин или разломов поверхности магматического тела, но может также вызывать вскипание в расплаве, если он достигнет в своем движении областей низких давлений. Отсюда можно сделать вывод, что рудные месторождения в громадном большинстве случаев генетически связываются по времени с движениями гранитной магмы или, иначе, с телами, магма которых испытывала движение.

Этому выводу в некоторой степени соответствуют экспериментальные исследования, опубликованные Н. И. Хитаровым [8]. По его данным, только небольшое количество воды отделяется от магмы в глубоких частях интрузивных тел с понижением температуры. Главная масса летучих отделяется по мере уменьшения давления в движущейся магме, попадающей в области низких давлений. Он полагает, что «дифференциацию (магмы—Ф. Ш.) с отделением воды вследствие вскипания» следует считать локальным процессом, возможным лишь «в верхних частях магматического очага» ([8], стр. 1281).

Итак, отделение летучих из магматического расплава связано с изменением (уменьшением) давления. Но оказывается, понижение давления является действенным и при выпадении минерального вещества из рудоносных растворов. Лаффит [12] в одной из последних работ отмечает незаслуженное игнорирование геологами понижения давления в растворах при образовании жил и отведение большей роли температуре. В своих исследованиях он показывает, что осаждение вещества из горячих растворов часто связано с понижением давления. Очень большой материал, собранный П. Ф. Иванкиным [2], свидетельствует, что отложение вещества из рудоносных растворов начинается на небольшой глубине, возможно, отвечающей достижению ими области давления, вызывающего вскипание раствора. Это направление изучения объемных структур рудных полей требует самого серьезного внимания.

Суммируя рассмотренные положения, мы можем думать, что образование золоторудных месторождений может быть связано с гидротермальными растворами магм различного состава. В случае усвоения и перемещения золота в породах пассивных толщ горячие растворы могут быть первично бедны золотом и даже генетически мало связаны с магматическим расплавом. Впрочем, этот вопрос я могу рассматривать лишь как подлежащую решению проблему, особенно если сюда отнести растворы, вызывающие зеленокаменное преобразование пород,— преобразование, которое связывают часто с особой фацией регионального метаморфизма.

Меньше изменений произошло в деле изучения россыпей. До сих пор большим вопросом при поисках по россыпям коренных месторождений является характер их связи, возможные источники золота, их число, промежуточные коллекторы. Возможно, применение очень тонких и точных анализов поможет установить путь и механизм миграции золота от коренных руд к россыпям.

В заключение хотелось бы отметить, что краеугольным камнем золотой промышленности является технология. Усовершенствование известных методов извлечения золота из руд или установление новых, позволяющих снизить кондиции, выявит гораздо большие запасы, чем открытие даже богатых месторождений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Барт Т. Ф. Теоретическая петрология. М., 1956.
2. Иванкин П. Ф. Морфогенезис и глубинность рудных полей. 1968. (в печати).
3. Ицксон М. И. Геологические и геохимические типы оловорудных формаций подвижных областей тектоно-магматической активизации. «Сов. Геол.», № 11, 1967.
4. Солодов Н. А. Критерии оценки редкометальных гранитных пегматитов. Междунар. Геол. Конгресс, XXII сессия. Доклады советских геологов, Изд-во «Недра», 1965.
5. Трушков Ю. Н. Условия формирования и закономерности распределения россыпей в мезозоидах (Якутия). Автореферат докторской диссертации, 1968.
6. Ферсман А. Е. Пегматиты. Избр. произведения, т. VI, М., 1960.
7. Харитонов П. А. Осадочные месторождения золота как геохимическая проблема. «Пробл. Сов. Геол.», № 7, 1936.
8. Хитаров Н. И., Кадик А. А., Лебедев Е. Б. Основные закономерности отделения воды от магматических расплавов гранитного состава. «Геохимия», № 11, 1967.
9. Шахов Ф. Н. Основные направления научных исследований в золотоносных районах Сибири. «Геол. и геоф.», № 10, 1961.
10. Шило Н. А. Геологическое строение и коренные источники Яно-Колымского пояса россыпной золотоносности. Тр. ВНИИ-1, вып. 63, Магадан, 1960.
11. Cheney E. C. and Lange J. M. Evidence for sulfurization and origin of some Sudburytype ores.— *Miner. Deposita*, No. 2, 1967.
12. Laffitte P. Mechanism and duration of vein deposit formation.— *Econ. Geol.*, No. 4, 1962.
13. Schuling R. D. The belts of the continents around the Atlantis Ocean.— *Econ. Geol.*, No. 4, 1967.
14. Tischendorf G., Wasternach J., Bolduan H. und Bein E. Zur Lage der Granitoberfläche im Erzgebirge und Vogtland.— *Zeitschrift für angew. Geologie*. Bd. 11, Hf. 8, 1965.