

## Секция 2

# МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ И ПЕТРОГРАФИЯ

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ РУДООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

**И.В. Кучеренко, профессор**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

### 1. Введение

Классификация природных процессов (явлений) с непосредственным основанием – источником информации, необходимым для ее создания, структура которой и принципы построения разработаны в современной теории систем, во всех областях знаний, как известно, представляет концентрированное выражение теории, служит показателем ее зрелости. Естественно корректная классификация не может быть создана, если отсутствует теория, адекватная природным процессам. В этом случае разрабатываются классификации, в том числе генетические, природных объектов, в рудной геологии – месторождений полезных ископаемых, при том, что корректность таких классификаций всецело зависит от знаний об их происхождении.

На начальном этапе создания теории рудообразования вопрос о том, какой должна быть классификация полезных ископаемых, выдающиеся геологические умы активно обсуждали в начале двадцатого столетия. Один из них, S.R. Van Hise [14], считал, что классификация полезных ископаемых должна быть генетической и построена на основе геологических процессов. Следуя этому, он выделял магматические, осадочные, метаморфические процессы. Другие геологи, Т. Crook [12], К. Богданович [3], В. Линдгрэн [13], В. Обручев [7] разделяли это мнение, но подчеркивали, что время совершенной генетической классификации рудообразующих процессов не пришло по причине отсутствия теории. В изложении В. Линдгрена [13, с. 180], Т. Crook считал, что «Построение совершенной генетической классификации в настоящее время (1914 год, – И.К.) невозможно вследствие того, что для этого геологу пришлось бы принять определенное положение относительно проблем, которые пока еще не разрешены». В свою очередь, и В. Линдгрэн полагал [13, с. 179], что «... построение такой классификации, которая заслужила бы всеобщее одобрение, – дело невозможное».

Вследствие медленного накопления знаний о процессах рудообразования, обусловленного вполне объективными обстоятельствами, «настоящее время», которое упоминал Т. Crook, растянулось на оставшуюся часть XX и начало XXI столетий, в течение которых предлагались полные генетические классификации только месторождений полезных ископаемых.

В докладе обсуждается возможность трансформации генетической классификации месторождений полезных ископаемых в более совершенную генетическую классификацию рудообразующих процессов на базе достигнутых в теории рудообразования современных знаний и с использованием следующего из теории систем подхода к классифицированию естественно научных объектов и процессов. Предлагается вариант разработанной автором классификации.

### 2. Структуры и содержания генетических классификаций месторождений полезных ископаемых

В. Линдгрэн, автор одной из ранних классификаций месторождений полезных ископаемых, считал [13, с. 179], что «... единственным рациональным разделением месторождений на классы было бы следующее: 1) месторождения, образовавшиеся из ранее существовавших минералов путем механической концентрации; 2) месторождения, образовавшиеся под действием реакций в растворах», ...а «... направление, взятое в настоящее время (1928 год, – И.К.) в области построения классификации сложных явлений отложения руд, является единственно правильным». Это направление реализовано в его классификации.

### Классификация месторождений полезных ископаемых (по W. Lindgren [13])

- I. Месторождения, образовавшиеся механическими процессами концентрации (температура и давление умеренны).
- II. Месторождения, образовавшиеся химическими процессами концентрации (температура и давление варьируют в широких пределах).
  - A. В поверхностных водах:
    - 1. Взаимодействием растворов:
      - a) неорганическими реакциями
      - b) органическими реакциями
    - 2. Испарением растворителя
  - B. В горных породах:
    - 1. Концентрацией веществ, присутствующих в самих горных породах:
      - a) концентрацией при выветривании и разложении пород близ земной поверхности
      - b) грунтовыми водами глубокой

Температура от 0° до 7° C ±  
Давление от среднего до сильного

Температура от 0° до 100° C ±  
Давление среднее

Температура от 0° до 100° C ±  
Давление среднее

циркуляции		
с) динамическим и региональным метаморфизмом	}	Температура до 400° С ±
2. Концентрацией веществ, посторонних вмещающим горным породам:		Давление высокое
а) генезис независимый от магматической деятельности циркулирующей атмосферных вод на малой и средней глубине	}	Температура до 100° С ±
б) генезис, связанный с магматической деятельностью		Давление среднее
• Горячими восходящими водами неопределенного происхождения:		
1. Отложение и концентрация на малой глубине. Эпитермальные месторождения	}	Температура от 50° до 200° С ±
2. Отложение и концентрация на средней глубине. Мезотермальные месторождения		Давление среднее
3. Отложение и концентрация на большой глубине и под большим давлением. Гипотермальные месторождения	}	Температура от 200° до 300° С ±
• Непосредственными магматическими эманациями:		Давление высокое
1. Из интрузивных тел. Контактново-метаморфические и пирометасоматические месторождения	}	Температура от 300° до 500° С ±
2. Из эффузивных тел. Продукты возгонки, фумаролы.		Давление очень высокое
С. Процессами дифференциации магмы		
а) Собственно магматические месторождения	}	Температура от 700° до 1500° С ±
б) Пегматитовые		Давление очень высокое
		Температура около 575° С ±
		Давление чрезвычайно высокое

Месторождения I<sup>н</sup> совокупности представлены обломочными породами, глинами, россыпями. Месторождения II<sup>н</sup> совокупности соответствуют в отечественных классификациях экзогенным (выветривания, осадочным) и эндогенным.

В изданном в СССР в 1925 году в переводе на русский языке выдающегося американского геолога В. Эммонса «Введение в учение о рудных месторождениях», автора знаменитой концепции зонального размещения месторождений металлических полезных ископаемых вокруг гранитных плутонов, генетический материал обсуждается по отдельным металлам. Например, в главах «Марганец», «Железо», «Хром» и других описаны все генетические типы месторождений каждого из металлов. Подобное распределение материала принято во второй части дисциплины «Учение о полезных ископаемых» под названием «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых», преподаваемых в ВУЗах геологического профиля в прошлом в СССР, ныне в России. Это рационально в образовательном процессе, поскольку обеспечивает возможность и целесообразность обсуждать и оценивать промышленную значимость месторождений каждого вида полезных ископаемых, образованных по нескольким генетическим сценариям, после изучения всех возможных сценариев в объеме первой части дисциплины. Принятая же в упомянутом труде система описания процессов рудообразования зависит от случайного фактора – сочетания процессов образования оруденения каждого вида, сопряжена с неизбежными повторами и/или отсылками на предшествующие описания, вследствие чего для первоначального обучения менее удачна в сравнении с предложенной В. Линдгреном.

В одни годы с В. Эммонсом и В. Линдгреном вариант генетической классификации месторождений полезных ископаемых разработал организатор Горного отделения в Томском технологическом институте (1901–1912 гг.) В. Обручев [7].

#### Генетическая классификация месторождений полезных ископаемых (по В. Обручеву [7])

##### ГРУППА А. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГЛУБИННЫЕ (ЭНДОГЕНОВЫЕ)

###### Категория 1. Магматические

###### Класс 1. Эвмагматические

###### Тип а. Сегрегационные

###### Тип б. Ликвационные

###### Класс 2. Инъекционные

###### Класс 3. Пегматитовые

###### Категория 2. Эманационные

###### Класс 1. Контактные

###### Класс 2. Пнеуматолитовые

###### Класс 3. Эксудаты и сублиматы

**Категория 3. Гидротермальные***Класс 1.* Гипотермальные*Класс 2.* Мезотермальные*Класс 3.* Эпитермальные} *Тип а. Заполнения пустот*} *Тип б. Метасоматические***ГРУППА Б. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫЕ (ЭКЗОГЕНОВЫЕ)***Класс 1.* Осадочные*Класс 2.* Инфильтрационные*Класс 3.* Остаточные*Класс 4.* Обломочные или россыпи**ГРУППА В. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИЗМЕНЕННЫЕ (МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ)***Класс 1.* Пирометаморфические*Класс 2.* Динамометаморфические*Класс 3.* Гидатометаморфические*Класс 4.* Сложного генезиса (первично-магматические, первично-контактовые, первично-осадочные метаморфизованные, например, железистые кварциты)

Некоторые термины, вышедшие из употребления или малоупотребляемые в последующие годы и ныне, требуется пояснить.

Месторождения эвмагматические – образованные в магматических камерах, в том числе в процессе и в результате кристаллизационной дифференциации расплавов (сегрегационные). Инъекционными названы магматические месторождения, рудные тела которых – производные кристаллизации рудных расплавов – залегают в теле материнских интрузий и во вмещающих интрузии породах в непосредственной близости от них. Эманационные месторождения образованы в результате функционирования газо- пароводных растворов, отделившихся от расплавов, пневматолитовые – в результате функционирования также «сухих» эманаций, содержащих Cl, F, B, P. Эксудаты – это выполняющие трещины созданные эманациями «выпоты» в интрузиях, сублиматы – «возгоны» в вулканических аппаратах. Те и другие представляют минералогический, теоретический интерес. Месторождения метаморфические (метаморфогеновые) в понимании В. Обручева – это месторождения разного происхождения и разных видов полезных ископаемых, существовавшие до метаморфизма, в разной степени преобразованные при метаморфизме с сохранением вида полезного ископаемого. К гидатометаморфическим отнесены месторождения сернистых руд эндо- или экзогенного происхождения, подвергшиеся воздействию вод глубокой циркуляции неизвестного генезиса, в том числе настолько сильному, что утратили первоначальный минеральный состав и условия залегания рудных тел. В качестве примеров приводятся, в частности, месторождения Раммельсберг в Германии, Брокен-Хилл в Австралии. Метаморфические процессы В. Обручев считал неспособными к образованию рудных месторождений.

Генетические классификации полезных ископаемых В. Линдгрена и В. Обручева содержат аутентичную информацию, отражавшую знания о процессах рудообразования того времени, но устроены по разному.

Месторождения обломочных пород и россыпей в классификации В. Обручева соответствуют по механизмам концентрирования полезных компонентов месторождениям, «образовавшимся механическими процессами концентрации» в классификации В. Линдгрена. Месторождения, «образовавшиеся химическими процессами концентрации» в классификации В. Линдгрена, описаны, как и процессы их образования, во всех остальных таксонах классификации В. Обручева. В той и другой классификации они без проблем узнаваемы, а глубина проникновения в сущность процессов сопоставима. Очевидны глубокие знания и мощный интеллект их авторов. У В. Линдгрена В. Обручев заимствовал дифференциацию гидротермальных месторождений на гипо-, мезо-, эпитермальные. Последние два термина используются и ныне.

Различия между классификациями заключаются в разном порядке описания процессов образования месторождений – от экзогенных к эндогенным у В. Линдгрена и в обратном – у В. Обручева. Главное различие выражается в расстановке приоритетов при оценке значимости факторов, определяющих содержания процессов рудообразования: способы и механизмы концентрирования полезных компонентов в классификации В. Линдгрена и источники энергии, необходимой для образования месторождений, в классификации В. Обручева.

Все последующие многочисленные отечественные генетические классификации месторождений полезных ископаемых наследуют классификацию В. Обручева, но, как правило, с незначительными или существенными изменениями, дополнениями, потребность в которых возникала по мере накопления новых данных или была продиктована желанием авторов внести свой вклад в совершенствование базовой классификации, зафиксировать в ней свои представления о процессах рудообразования.

**Классификация месторождений полезных ископаемых  
(по А. Бетехтину и др. [1])**

**А. ЭНДОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**I. Магматические**

1. Сегрегационные
2. Гистеромагматические
3. Ликвационные

**II. Пегматито-пнеуматолитические**

1. Пегматитовые
2. Пнеуматолитовые
  - а) контактово-метасоматические
  - б) выполнения пустот
  - в) сублиматы

**III. Гидротермальные**

1. Гипотермальные
2. Мезотермальные
3. Эпитермальные

**В. ЭКЗОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**I. Месторождения выветривания**

1. Остаточные
  - а) железные шляпы
  - б) латериты
  - в) элювиальные
2. Инфильтрационные
  - а) цементационные
  - б) метасоматические (конкреционные)
  - в) секреторные

**II. Осадочные месторождения**

1. Механические осадки
  - а) аллювиальные россыпи
  - б) конгломераты
  - в) отложения озерных и морских бассейнов
2. Химические осадки
  - а) из молекулярных растворов
  - б) из коллоидальных растворов
  - в) биохимические

**С. МЕТАМОРФОГЕННЫЕ**

1. Метаморфизованные
2. Метаморфические

Первое существенное дополнение в классификацию В. Обручева внесено вскоре после опубликования следующей классификации [1]: в группу «В» измененных месторождений, переименованную в «С» метаморфогенных, включены метаморфические месторождения, образованные в процессе и результате метаморфизма и представленные кровельными сланцами, мраморами, кианитом. Таким образом, третий таксон верхнего уровня объединил месторождения двух совокупностей: метаморфизованные (метаморфические, метаморфогеновые, измененные, следовательно, существовавшие до метаморфизма, по терминологии В. Обручева) и метаморфические, не существовавшие до метаморфизма, обязанные своим образованием метаморфизму. Это дополнение – изменение сохранилось во всех классификациях, созданных в последующие десятилетия, включая современную, наиболее полную в соответствии с успехами, достигнутыми в совершенствовании теории рудообразования и вследствие этого наиболее отличающуюся от первоисточника [10].

С сохранением структуры базовой классификации изменения в ней затронули, в частности, терминологию: группы В. Обручева названы сериями, категории – группами, исключены или заменены устаревшие термины (эвмагматические, сегрегационные, пнеуматолитовые, гидатометаморфические и др.). Некоторые группы месторождений названы терминами, обозначающими, в отличие от В. Обручева и В. Линдгрена, не процессы их образования (генезис), а названия сингенетичных рудам горных пород, – карбонатитовые, пегматитовые, скарновые, альбититовые, грейзеновые. Единственное исключение, которое в свое время допустили отцы-основатели, – назвали пегматитовыми месторождения пегматитов по той причине, что в те времена еще не был разгрызен сверхтвердый созданный природой орешек. Из группы гидротермальных выделены в самостоятельные группы гидротермальные карбонатитовые, скарновые, альбититовые, грейзеновые месторождения.

Классификация дополнена классом эксфильтрационных месторождений, также видами полезных ископаемых, представляющих группы и классы месторождений.

Таблица

**Генетическая классификация месторождений полезных ископаемых  
(по В. Старостину, П. Игнатову [10])**

Группа	Класс	Типы месторождений
<i>I. Эндогенная серия</i>		
Магматическая	1. Ликвационный	а) сульфидные медно-никелевые в основных и ультраосновных комплексах; б) хромитовые, титаномагнетитовые и руды элементов платиновой группы в расслоенных ультраосновных комплексах; в) редкие, редкоземельные и рассеянные элементы в щелочных комплексах
	2. Раннемагматический	Магматические горные породы, алмазоносные кимберлиты и лампроиты
	3. Позднемагматический	Хромитовые, титаномагнетитовые и апатит-нефелиновые
Карбонатитовая	Флюидно-магматический карбонатитовый	Перовскит-титаномагнетитовые, камафоритовые, редкометалльно-пироклоровые, редкоземельные и флюоритовые
Пегматитовая	1. Магматогенный	Керамические, мусковитовые, редкометалльные и цветных камней
	2. Флюидно-анатектический	Редкометалльно-пироклоровые и апатит-нефелиновые
	3. Флюидно-метаморфогенный	Керамических, мусковитовых, редкометалльных пегматитов и цветных камней
Скарновая	1. Известковый	Железорудные, вольфрам-молибденовые, медно-молибденовые, свинцово-цинковые
	2. Магнезиальный	<i>Продолжение таблицы</i>
Альбитит-грейзеновая	1. Альбититовый	Бериллиевые, литиевые, урановые и редкоземельные
	2. Грснзсновый	Олово-вольфрамовые, литиевые, бериллиевые
Гидротермальная	1. Плутоногенный	Штокверковые и жилные а) высокотемпературные медно-молибден-порфиоровые, золото-, олово-, медно-кварцевые; б) среднетемпературные полиметаллические, сурьяно-мышьяковые редкометалльные, ураноносные; в) низкотемпературные сидеритовые, родохрозитовые, магнезитовые, хризотил-асбестовые, баритовые
	2. Вулканогенный андезитовидный	Золото-серебряные, олово-вольфрамовые, ртутные, медные, алунитовые, исландского шпата, самородной серы
	3. Вулканогенно-осадочный, базальтоидный, субмаринный	Колчеданные, медноколчеданные, колчеданно-полиметаллические
<i>II. Экзогенная серия</i>		
Выветривания	1. Остаточный и переотложенный	Никель-кобальтовые, бокситовые, редкометалльные и редкоземельные, каолиновые, апатитовые, марганцевые
Осадочная	1. Механический россыпной	Гравийные, песчаные и глинистые (огнеупорные, бентонитовые) а) Континентальные россыпные золотые, платиновые, касситеритовые, алмазные, танталит-колумбитовые, корундовые б) Литоральные россыпные рутиловые, ильменитовые, циркониевые, касситеритовые, алмазные, цветные камни

	2. Хемогенный	а) гидроксидные, суспензионно-коллоидные: бурых железняков, марганца, железо-марганцевых конкреций и корок; б) сульфидно-сульфатно-карбонатные: цветных и редких металлов в черных сланцах; в) сульфатно-галоидные: каменных, калийных солей, боратов, лития
	3. Биохимический	Фосфоритовые (континентальные и прибрежно-морские), кремнистые породы (диатомиты, трепелы, опоки), известняки, угли, горючие сланцы, торф
Эпигенетическая	1. Грунтовых вод 2. Инфильтрационный	Медистых песчаников, уран-ванадиевые в палеорулах
		Редкометалльно-урановые
	3. Эксфильтрационный	Свинцово-цинковые в карбонатных породах, свинцовые в песчаниках, золоторудные и урановые в терригенно-карбонатных и черно-сланцевых толщах, самородная сера, нефть и газ, йодо-бромистые и металлоносные рассолы
<i>III. Метаморфогенная серия</i>		
Метаморфизованная	1. Регионально-метаморфизованный	Железорудные, марганцевые, золото-урановые, апатитовые, колчеданные
	2. Контактново-метаморфизованный	Железорудные, графитовые, корундовые, скарнированные
Метаморфическая	1. Зеленосланцевый	Горный хрусталь, золото-кварцевые, мраморы, кварциты, кровельные сланцы
	2. Амфиболитовый	Андалузитовые, кианитовые, силлиманитовые, наждака, амфибол-асбестовые
	3. Гранулит-эклогитовый	Гранатовые, рутил-ильменитовые, флогопитовые
	4. Импактитовый	Алмазные

### 3. Результаты и обсуждение

Краткий экскурс в историю разработки структуры, содержания и создания генетической классификации месторождений полезных ископаемых демонстрирует жизнеспособность представлений о происхождении месторождений выявленных столетие назад генетических типов, участвующих в классификациях под названиями категории, группы, классы и т. д., – они повторяются в ранних классификациях авторов-современников и подтверждаются в последующих, в том числе в современных, классификациях с более глубоким и расширенным проникновением в существо геологических событий – термодинамических, физико-химических режимов и других условий рудообразования. Повторяемость в трудах нескольких поколений ученых результатов, характеризующих процессы рудообразования, как известно, служит доказательством их достоверности, адекватности сценариям, по которым природа создавала месторождения.

За столетие накоплен такой объем достоверных знаний, который за редкими исключениями достаточен, чтобы составить основу теории рудообразования в генетическом ее аспекте, описывающей процессы, происходящие в объемах формирующихся месторождений [4, 8–11]. Вместе с тем, непрерывная корректировка, расширение, углубление теоретических положений, равно как совершенствование методологии и методов исследований, аналитической аппаратуры выражают бесконечный естественный процесс познания.

Нельзя сказать о значительных успехах, достигнутых в теории рудообразования в геологическом (металлогеническом) ее аспекте, призванной в этом качестве реконструировать, описывать (раскрывать) более масштабные геологические процессы в земной коре и/или мантии, инициирующие и обуславливающие (сопровождающие) рудообразование.

Геологическая составляющая теории в части эндогенных и полигенных процессов отягощена многовариантными выраженными в многочисленных гипотезах представлениями об обуславливающих рудообразование геологических (магматических, метаморфических) процессах в приложении к одним и тем же генетическим типам (категориям) месторождений и к конкретным месторождениям. Многообразие представлений, как правило, не связано с конвергенцией рудообразования, поскольку они объясняют условия образования одних и тех же объектов. Наибольшие трудности возникают при реконструкции геологических факторов образования гидротермальных месторождений вследствие ограниченной доступности для изучения находившихся во время рудообразования на значительных гипотетических глубинах источников энергии, флюидов, рудного вещества.

Выражающая содержание теории в обоих ее аспектах геолого-генетическая классификация рудообразующих процессов вследствие ущербности геологической составляющей может быть создана только на уровне фрагментов, содержание которых отражает доказанные положения, касающиеся в основном происхождения полезных ископаемых в корях выветривания и в бассейнах осадконакопления. Вариант структуры и содержания классификации на матричной основе для ее разработки в будущем предложен и обсуждался ранее [6].

Итак, достигнутыми успехами в разработке генетической составляющей теории рудообразования определяется целесообразность и своевременность трансформации генетической классификации месторождений полезных ископаемых в более совершенную классификацию рудообразующих процессов, структура которой удовлетворяет требованиям теории систем [2].

В разработке структуры классификации за основу принята классификация В. Обручева, в отличие от классификации А. Бетехтина с соавторами и всех последующих отечественных классификаций, наследующих упомянутую базовую, в наибольшей степени при отсутствии в те годы еще не созданной теории систем удовлетворяющая этим требованиям.

Согласно теории систем, классификация должна включать соподчиненные таксоны, на которые дифференцированы процессы, и непосредственное основание – источник информации, на основе которой диагностированы процессы.

Предлагаемая генетическая классификация рудообразующих процессов разработана с учетом: 1) принципа обращаемости, обеспечивающего переход от непосредственного основания к процессам и в обратном направлении; 2) принципа целостности, выраженного в требовании к процессам как к внутренне расчлененным единствам; 3) принципа использования одного признака при автономизации каждого однорангового таксона; 4) принципа иерархической уровневой организации процессов как составных частей системы, представляющих определенные уровни соподчинения, связанные между собой иерархически так, что один из них служит основанием для других; 5) принципа дискретности таксонов.

#### Генетическая классификация рудообразующих процессов

##### ГРУППА ЭНДОГЕННЫЕ

###### Категория Магматические

###### Класс Ликвационные

###### Класс Кристаллизационные

###### Подкласс Ранней кристаллизации

###### Подкласс Поздней кристаллизации

###### Категория Флюидно-магматические

###### Класс Плутоногенные

*Рудная формация Редкометально-камнесамоцветная  
гранитных пегматитов*

*Рудная субформация Редкометальная*

*Рудная субформация Камнесамоцветная*

###### Класс Ультраметаморфогенные

###### Категория Гидротермальные

###### Класс Магматогенные

###### Подкласс Плутоногенные

*Рудная формация Железо-фосфор-редкометальная в карбонатах*

*Рудная субформация Железо-фосфорная*

*Рудная субформация Редкометальная-редкоземельная*

*Рудная субформация Полиметаллическая*

.....

*Рудная формация Золото-уран-полиметаллическая березитовая*

*Рудная субформация Золотая*

*Геологические типы.....*

*Рудная субформация Урановая*

*Геологические типы.....*

*Рудная субформация Сурьмяная*

*Геологические типы.....*

*Рудная субформация Полиметаллическая*

###### Подкласс Вулканогенные

###### Класс Метаморфогенные

###### Подкласс Зеленосланцевые

###### Подкласс Эпидот-амфиболитовые (амфиболитовые)

###### Подкласс Гранулитовые

**ГРУППА ЭКЗОГЕННЫЕ****Категория** Гидрогенные (выветривания)**Класс** Остаточные**Подкласс** Сиалитные**Подкласс** Латеритные**Класс** Инфильтрационные**Категория** Осадочные**Класс** Механической седиментации вещества**Подкласс** Континентальные**Подкласс** Морские**Класс** Химической седиментации вещества**Подкласс** Континентальные**Подкласс** Морские*Рудная формация Железо-марганцевая карбонатно-песчано-глинистая**Рудная субформация Железородная**Рудная субформация Марганцевая***Класс** Биохимической седиментации вещества**Подкласс** Континентальные**Подкласс** Морские**ГРУППА ПОЛИГЕННЫЕ****Категория** Гидротермально-осадочные (типа куроко)**Категория** Метаморфизованные**Категория** Типа несогласия

Представляется очевидным, что в некоторых аспектах от современных классификаций необходимо вернуться к базовой В. Обручева. Это продиктовано следующими соображениями.

Карбонатитовые, скарновые, альбититовые, грейзеновые месторождения образованы в результате гидротермальных процессов, следовательно, представляют составные части всего сообщества (группы в классификации [10]) гидротермальных, в числе которых участвуют также фенитовые, березитовые, аргиллизитовые, эйситовые, пропилитовые и др. Системный подход предполагает объединение их всех в один таксон гидротермальных, – не должен таксон в целом и его составные части представлять один таксономический уровень. В предлагаемой классификации все перечисленные месторождения включены в один дискретный таксон гидротермальных. Поскольку рудная нагрузка скарнов образована в результате функционирования гидротермальных растворов с разным, как и в других гидротермальных месторождениях, соотношением газовой и жидкой фаз, скарновые месторождения также включены в категорию гидротермальных.

Необходимо обратить внимание во всех обсуждаемых отечественных классификациях на верхний таксономический уровень. В. Обручев создал безупречную систему, включающую три группы: эндогенных, экзогенных и образованных в результате затрат внешней и внутренней энергии (измененных) месторождений. Начиная с классификации [1] и до сих пор система нарушена, – в совокупность измененных при метаморфизме месторождений, то есть образованных как минимум в два этапа с затратами той и другой энергии, включены эндогенные гидротермальные месторождения, образованные только при метаморфизме. Если на раннем этапе речь шла об образовании промышленных горных пород и одного минерала (кианита), то начиная с шестидесятых годов и до сего времени многие геологи под названием метаморфогенных гидротермальных включают гидротермальные месторождения металлов – урана, золота, сурьмы и других. Место этих эндогенных месторождений в группе эндогенных, категории гидротермальных, классе метаморфогенных (по породному источнику рудного вещества) в сочетании с классом магматогенных.

Помимо метаморфизованных месторождений в последние десятилетия открыты гидротермально-осадочные месторождения типа куроко, представляющие в грибообразных рудных телах сочетание гидротермально-метасоматической «ножки», образованной в подводящем металлоносные флюиды канале-разломе дна океана, и «шляпки», образованной на дне по законам осадочного рудогенеза. Известны уникальные по запасам урана в комплексе с медью, золотом месторождения типа «несогласия» – производные нескольких не связанных между собой процессов. Сохранение за объединяющей такие полигенные и полихронные месторождения группой название «метаморфогенная» нецелесообразно, – это полигенные месторождения и полигенная группа.

В отличие от генетической классификации месторождений полезных ископаемых, в которой систематизированы месторождения – источники информации об их происхождении и в которой приведены примеры наиболее значительных объектов или перечислены виды полезных ископаемых [10], в генетической классификации рудообразующих процессов генетические положения в составе соподчиненных таксонов и источники информации разделены. В качестве последних предпочтительны не отдельные месторождения с их индивидуальными чертами, а обобщенные образы – модели, аккумулирующие типовые (повторяющиеся во множестве объектов) для каждого генетического типа черты. Такими моделями служат рудные формации при условии, что система рудных формаций создана не на основе фрагментов метально-минерального состава руд (ведущих, главных металлов, минералов, парагенетических, устойчивых парагенетических ассоциаций рудных минералов и т. д. и т. п.), как это безуспешно практиковалось до сего времени, а посредством учета всего созданного геологическими, в том числе рудообразующими, процессами вещества в объеме геологических

формаций [5, 6]. В этом случае рудная формация – геологическая формация с сингенетичным ей оруденением, например, медно-никелевая габбровая, фосфор-титан-железорудная габбро-пироксенитовая, хром-платиноидная габбро-перидотит-дунитовая, алмазная лампроит-кимберлитовая, редкометально-редкоземельно-титано-магнетитовая карбонатитовая, уран-редкоземельно-редкометальная альбититовая, олово-молибден-вольфрам-редкометальная грейзеновая, золото-серебро-олово-сурьяно-ртутная аргиллизитовая, алюминиевая (бокситовая) известняковая прибрежно-морская, железо-марганцевая известняково-песчано-глинистая прибрежно-морская, алюминий (боксит)-железо-марганцевая латеритная и многие другие.

Эндогенные (магматические, метасоматические) и осадочные формации выделены на вещественно-генетической основе без учета геодинамических режимов их образования, метасоматические формации, кроме того, – без учета связей с магматизмом. Диагностика геодинамических режимов образования оруденения, доказательства связей метасоматических формаций с магматизмом, а эндогенного оруденения – с магматизмом и/или метаморфизмом представляют значительные, не преодоленные до сих пор в полном объеме трудности, и, как следствие, причину многовариантных исключаящих один другой результатов при формационной типизации месторождений полезных ископаемых.

Ученым сообществом признано целесообразным диагностировать геодинамические режимы образования, доказывать связи с более масштабными геологическими процессами не на этапе выделения, а уже выделенных геологических (но не рудных) формаций, геологические условия образования которых в сочетании с вещественно-генетической их основой призваны характеризовать закономерности формирования земной коры.

Такой подход, который свел к минимуму или исключил дискуссии в обосновании формационной самостоятельности (автономности) ассоциаций горных пород, рекомендуется реализовать при формационной типизации месторождений полезных ископаемых как средство устранения непреодолимых трудностей, возникающих при реализации существующего металльно-рудно-минерального подхода [5, 6]. Перечисленные выше рудные формации есть результат реализации предлагаемого подхода.

Поликомпонентный состав большинства выделяемых рудных формаций, включающий несколько видов полезных ископаемых, выражает металлогеническую специализацию геологических формаций, обусловленность которой в приложении к эндогенному оруденению остается «белым пятном» в рудной геологии. Очевидна потребность устанавливать в перспективе законы, закономерности, определяющие образование в объеме каждой геологической формации всех присущих ей (сингенетичных) видов полезных ископаемых. Поэтому целесообразно каждую рудную формацию оставить поликомпонентной.

Необходимость выявлять законы, которым следует природа, создавая месторождения одного вида полезных ископаемых, предполагает дифференциацию поликомпонентной рудной формации на монокомпонентные рудные субформации. Например, золото-уран-полиметаллическая березитовая формация включает золотую, урановую, сурьяную, полиметаллическую березитовые субформации.

Вследствие наблюдаемой в ряде случаев конвергенции рудообразования геологические условия его (геодинамические режимы, обусловленность инициирующими рудообразование более масштабными геологическими процессами) составляют содержание геологических типов, число которых равно числу конвергентных условий. Участие в генетической классификации рудообразующих процессов геологических типов оруденения в объеме рудных формаций и субформаций, содержание которых выражает закономерности размещения и геологические условия образования оруденения, сообщает ей прогнозные функции и обеспечивает в перспективе плавный переход в геолого-генетическую классификацию рудообразующих процессов с приведенной здесь или матричной [5] структурой одновременно с наполнением геологической и генетической составляющих теории рудообразования.

#### 4. Заключение

В первой четверти XX столетия ученым сообществом ряда стран были реконструированы почти все известные ныне процессы образования месторождений полезных ископаемых. Информация, которой располагали ученые, была в основном достаточна для того, чтобы классифицировать месторождения с использованием терминов, обозначающих процессы их образования. Большинство терминов, за исключением некоторых устаревших, сохранилось и используется в современных классификациях, но каждый из них аккумулирует в себе несопоставимо более глубокие и обширные знания, накопленные за прошедшие десятилетия.

Вместе с тем, во времена создания первых классификаций структуры их принципиально отличались, что нетрудно видеть, сравнивая классификации В. Обручева, В. Линдгрена, В. Эммонса, П. Ниггли, Г. Шнейдерхёна и других ученых. Наиболее соответствует принципам классифицирования естественно-научных объектов и явлений, совокупность которых следует из не существовавшей в те годы теории систем и приведена выше, как отмечалось, генетическая классификация месторождений полезных ископаемых В. Обручева.

Этого нельзя сказать о современных классификациях, о чем речь шла выше. Так, эндогенные метаморфические месторождения включены не в группу (серию) эндогенных, а в группу (серию) метаморфогенных, которые по смыслу тоже принадлежат к эндогенным. Некоторые совокупности гидротермальных месторождений исключены из гидротермальных, но имеют равный с последними таксономический статус (размещены в таксоне одного ранга – уровня).

Поэтому для трансформации классификации месторождений в классификацию процессов оказалось достаточным внести соответствующее изменение в название базовой классификации В. Обручева и дополнить последнюю ранжированным непосредственным основанием, в котором таксон «геологические типы» способен аккумулировать накапливающиеся новые данные о геологических процессах, обуславливающих рудообразование, раскрывающие закономерности размещения и образования оруденения.

Таким образом, генетическая классификация месторождений полезных ископаемых естественным (эволюционным) путем трансформируется в генетическую классификацию рудообразующих процессов, а последняя в будущем – в геолого-генетическую, в концентрированном содержании выражающую в полном объеме теорию рудообразования.

#### Литература

1. Бетехтин А.Г., Ершов С.П., Зверев В.Н., Иванов Г.А., Наконник Н.И., Озеров К.Н., Талдыкин С.И., Татаринов П.М., Успенский Н.А. Краткий курс месторождений полезных ископаемых. – Л. – М.: Главная редакция горно-топливной и геолого-разведочной литературы, 1938. – 473 с.
2. Блауберг И.В., Юдин Э.Г. Становление и сущность системного подхода. – М.: Наука, 1973. – 270 с.
3. Богданович К.И. Рудные месторождения. Т. 1, 2. – СПб., 1912, 1913.
4. Вольфсон Ф.И., Некрасов Е.М. Основы образования рудных месторождений. М.: Недра, 1986. – 205 с.
5. Кучеренко И.В. Теория и практика формационного метода в рудной геологии. Ч. 3 // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 6. – С. 25 – 30.
6. Кучеренко И.В. Формационный метод в геологии золота: итоги и перспективы реализации в генетических и металлогенетических исследованиях // Золото и технологии. – 2015. – № 1 (27). – С. 108 – 120.
7. Обручев В.А. Рудные месторождения. Второе издание. М. – Л. – Новосибирск: Государственное научно-техническое горно-геолого-нефтяное изд-во, 1934. – 596 с.
8. Овчинников Л.Н. Образование рудных месторождений. – М.: Недра, 1988. – 284 с.
9. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. – М.: Недра, 1989. – 326 с.
10. Старостин В.И., Игнатов П.А. Геология полезных ископаемых. – М.: Академический проект, 2004. – 512 с.
11. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т. 1, 2, 3. – М.: Изд-во АН СССР, 1963.
12. Crook T. The genetic classification of rocks and ore deposits // Mineralogy Magazine. – London, 1914. – № 17. – pp. 55 – 85.
13. Lindgren Waldemar. Mineral Deposits. – New York and London, 1928. – V. 1. – 196 p.
14. Van Hise S.R. A treatise on metamorphism. – U. S. Geol. Survey. Monograph. 47, 1904.

### ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОХИМИИ ЗОНАЛЬНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ И ЗОЛОТО-КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АМЕТИСТОВОЕ

(КАМЧАТКА)

К.Р. Арлюкова

Научный руководитель доцент О.М. Гринев

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

В ходе исследовательской практики магистра на месторождении Аметистовое К.Р. Арлюковой был отобран каменный материал из последовательно сменяющих друг друга неизменных магматитов и зонально построенных метасоматических зон в составе: 1) порфировидных обильновкрапленных андезитов; 2) пропилитов; 3) каолинит-адуляровых метасоматитов; 4) кварцевого метасоматита по брекчии; 5) пирит-кварц-полевошпатовых предрудных метасоматитов; 6) золото-кварцевых метасоматитов рудной зоны.

Аналитические исследования заключались в детальном петрографическом изучении образцов из зональных метасоматитов и рудных жил и последующем анализе состава и содержаний широкого спектра представляющих их микроэлементов, определенных методом ICP MS, выполненным в «Аналитическом центре геохимии природных систем» ГГФ ТГУ.

Петрографическое изучение пород метасоматической рудоносной колонки показало, что выделенные зоны характеризуются следующими особенностями состава.

1. Породами, вмещающими оруденение, являются обильно вкрапленные сериально порфировидные андезиты субвулканического облика, сложенные средним плагиоклазом (до 75 %), роговой обманкой (20 %), пироксеном (5 %) и примесью зерен пирита, включая незначительно развитые по ним продукты вторичных изменений. По простиранию рудных зон встречаются также мелковкрапленные андезиты вулканического облика, по минеральному составу близкие к порфировидным андезитам.

2. Первичные породы зоны пропилитов несколько отличаются от обильно вкрапленных порфировидных андезитов, не подверженных наложенным изменениям. Они представлены редко вкрапленными плагиоклаз-роговообманковыми андезитами эффузивного облика, претерпевшими заметную карбонатизацию, серицитизацию, хлоритизацию. Эти процессы существенно замещают первичную ткань пород. В меньшей степени проявлена каолинизация и образование мелких и тонких вкраплений рудных минералов, в основном пирита, а также появление извилистых новообразованных прожилков из агрегатов кварца, карбоната, хлорита и таких же по форме выделения прожилков рудного вещества.

3. Зона метасоматитов кварц-адуляр-каолинитового состава под микроскопом обнаруживает реликты структуры плагиоклаз-роговообманкового андезитового порфирита, подобного тому, что описан в зоне развития пропилитов. Отличаются от пропилитов более интенсивным замещением первичной породы тонкозернисто-пылевидным плотного строения агрегатом, состоящим из серицита и каолинита. Весьма характерно для породы наличие сравнительно крупных (0.3...1.5 мм) выделений идиоморфных зерен рудного минерала – пирита. По размерам эти выделения сравнимы с реликтами порфировых вкрапленников. По содержанию рудный минерал составляет до 5...7 % от объема породы.