

## ЧАСТЬ 6. АКТУАЛЬНЫЕ ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

**В. А. Попов**

*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс  
popov@mineralogy.ru*

### **Объекты исследования генетической минералогии**

В целом семействе геологических наук – минералогии, петрографии, литологии, учении о полезных ископаемых исследование начинается с наблюдения над камнем.

Л. Н. Овчинников

*(Из предисловия к книге «Онтогенез минералов», 1975)*

В эпоху дифференциации наук, длившуюся примерно 250 лет, из минералогии выделились палеонтология, кристаллография, геогнозия (геология), петрография, литология, геохимия, учение о полезных ископаемых. В каждой обособившейся науке развились «свои» методы исследований. Однако объекты исследований фактически одни – минеральные тела разной величины и сложности. Всякое минеральное тело имеет химический состав, физические свойства и форму (геометрию). Методологически важно их рассматривать совместно, не отрывая от тела. Всякое минеральное тело имеет историю развития, историю «жизни» – онтогенез. В общем случае минеральное тело имеет сложный онтогенез, «записанный» в его форме и анатомической картине.

К минеральным телам относятся: кристалл (зерно или даже его часть), жеода, конкреция, жила, дайка, шток, слой, тело минеральной формации (осадочной, магматической, метасоматической), тело парагенерации и т. п. Сложные минеральные тела, имеющие генетическую интерпретацию, получили название геологических тел. Некоторым сложным минеральным телам дают неверную интерпретацию и их геологическое название пересматривается или является дискуссионным. Однако эти твердые тела остаются минеральными независимо от интерпретации. Методологически «считывание» онтогенеза любых по сложности минеральных тел должно быть аналогичным во всех науках геолого-минералогического цикла. Поскольку твердые минеральные тела «живут» в пространстве и во времени, то моделирование их онтогенеза должно выстраиваться в этих координатах.

Термин «генезис» специалистами разных наук понимается по-разному. Для геологов важны «геологические условия» образования минеральных тел, для геохимиков – физико-химические, для технологов – зарождение, рост и изменение минералов и т. д. По геологическим условиям геологу проще всего делать прогнозы типов минерализации на больших территориях. Геохимики также могли бы делать прогнозы при наличии физико-химических данных в пространстве и времени земной коры. Однако камень определенного минерального состава может оказаться «рудой» или «нерудой» в экономическом смысле при наличии свойств, определяемых онтогене-

зом (величина минеральных индивидов, тип поверхностей зерен, явлений сростания, распада, замещения, деформаций и т. д.). Отсюда ясно, что для практического использования важны все генетические стороны минеральных (каменных) объектов. Объектами генетической минералогии, следовательно, являются минеральные тела любого происхождения (осадочные, магматические, метасоматические и др.).

В разные периоды истории становления геолого-минералогических знаний просматриваются эпохи гипертрофированного увлечения какими-либо сторонами генетического моделирования минеральных объектов. Чаще всего эти эпохи соответствовали появлению новых физических приборов или новых идей в так называемых точных науках. Так, на рубеже XIX–XX вв. началось «повальное» увлечение равновесной термодинамикой. В 60-х гг. XX в. в геологические науки стали интенсивно внедрять статистический подход, математическую логику, теорию графов и др. В это же время геохимию окончательно «оторвали» от минералогии, а саму минералогию попытались свести к физике минералов. Однако при всех этих нововведениях качественного рывка в теории геологических наук не произошло. Координату времени для минеральных объектов полностью перевели на геохимическую (бестелесную) основу – так называемый «абсолютный возраст» по соотношениям изотопов. Это был, конечно, методологический просчет: для моделирования генезиса минеральных тел нельзя отрывать химию и физику от пространства тела. К настоящему времени строго установлено, что в процессе кристаллизации минеральных индивидов происходит разделение атомов элементов и их изотопов в пространстве тел. Законы этого разделения еще не познаны. Изотопное моделирование в геологии пока игнорирует законы анатомии кристаллов минералов.

Эвристичное моделирование в генетической минералогии может быть осуществлено на основе комплексного минералогического картирования с получением надежной анатомической картины минеральных тел любой сложности. Физико-химические построения при этом могут быть оптимально-минимальными, поскольку не сильно влияют на прогностические свойства модели. Геологическая ситуация также малоинформативна, поскольку она сама выводится (интерпретируется) исходя из свойств и расположения минеральных тел. Например, если в блоке земной коры вместо цепочки тел мраморов (в ранней интерпретации) окажется цепочка тел карбонатитов (в новой интерпретации), то мы вынуждены изменить геодинамическую модель рассматриваемой территории.

Без онтогенеза (истории «жизни») минеральных тел невозможно продуктивно использовать геохимические, петрохимические, литохимические их характеристики. Онтогенез минерального тела «записан» в его поверхности и анатомии в виде морфологических признаков, изучением которых занимается раздел минералогии под названием «онтогенез минералов». Таким образом, онтогенез минералов является фундаментальной частью генетической минералогии. С помощью онтогенеза минералов решается также вопрос правильности применения физико-химических расчетов в генетическом моделировании. Например, если на расчетной диаграмме получается, что кварц и пирит образуются в кислой среде, то надо пересматривать теоретические основы расчетной модели (в реальных кислых средах образуются тридимит, кристобалит и марказит). Если кварц и кальцит на диаграмме попали в разные поля условий кристаллизации, а реально между ними наблюдаются поверхности совместного одновременного роста, то нам необходимо пересмотреть диаграмму. Если теоретически малахит и азурит должны кристаллизоваться в разных условиях, а реально между

ними обнаружены индукционные поверхности, то надо пересматривать теоретические представления.

Вообще применение физико-химических расчетов для природных систем является делом сложным и неоднозначным. Вот что писали крупные специалисты по моделированию гидротермальных объектов П. Б. Бартон и Б. Дж. Скиннер после детального рассмотрения вопроса: «...в рудах... встречаются различные ассоциации даже в одном и том же образце. Эти различия показывают, что рудообразующий раствор изменялся в пространстве и во времени, а также важные параметры, как ... [активности компонентов – П. В.], не были постоянными. **Приведенные рассуждения предназначены для лучшего объяснения условий рудоотложения, а не для решения конкретных вопросов.** Должно быть ясно, что для получения однозначных результатов необходима чрезвычайная тщательность при исследованиях парагенезиса и отборе материала для анализа» [Бартон, Скиннер, 1970, с. 279].

Физико-химическое рассмотрение предполагает наличие равновесия в минеральном агрегате. Это предположение фактически снимает с рассмотрения проблему времени, и единые физико-химические условия приписываются всему минеральному телу. В то же время природные минеральные тела в общем случае развиваются в изменяющихся во времени условиях, равновесия нет. При картировании выясняется, что минеральные тела весьма изменчивы в пространстве, поэтому для каждого соседнего участка необходимо производить новое физико-химическое рассмотрение, дающее результат в виде правдоподобного рассуждения. Поскольку из правдоподобных рассуждений не следует реального прогноза минерализации, то нет необходимости излишне увлекаться физико-химическими построениями, отвлекая исследователей от всегда полезного для технологии минерального сырья минералогического картирования.

Большинство исследователей месторождений полезных ископаемых предполагают, что «рудоотложение» происходит в других условиях, чем «просто минералообразование», вследствие чего возникло множество лишних терминов и понятий, порожденных «особым» видением природных явлений. Так, «околорудный геохимический ореол», «околорудный метасоматоз», «сбрасывание рудной нагрузки», «рудоподводящий канал» и т.д. рассматриваются как реально существующие вещи, которые являются предметом научного рассмотрения. В то же время давно известно, что в природных минеральных телах минералы всех классов (силикаты, оксиды, карбонаты, сульфиды, фосфаты и т. д.) могут кристаллизоваться как совместно одновременно, так и отдельно. Речь может идти только о разных количественных соотношениях разных минералов в конкретных системах. Принципиального различия в физико-химическом отношении «рудообразующих» и «минералообразующих» систем нет. По-видимому, термин «рудообразование» приемлем в экономической геологии. В генетической минералогии надо использовать термин «минералообразование».

Итак, объектами генетической минералогии являются любые минеральные тела самой различной величины и сложности. Методика их исследования аналогична независимо от величины объектов и состоит из приемов пространственно-временного фиксирования морфологических признаков явлений. Из генетической модели объекта вытекает геологическая интерпретация его (а не наоборот, как полагают многие геологи). Физико-химические построения могут входить в генетическую модель как дополняющие и украшающие ее, но не могут являться основополагающими. Так, например, осадочные процессы как проявление гравитационных сил можно наблюдать в водных бассейнах, в магматических камерах, в тектонических

зонах, в «гидротермальных отстойниках», жеодах, в газовых системах и т.д. Для каждого типа систем есть свои онтогенические особенности.

Важно среди множества соприкасающихся минеральных тел по строгим правилам выделить систему, которую мы хотим познать, и далее не «вырывать» элементы системы и не рассматривать их отдельно от системы, поскольку они уже не обладают эмерджентными свойствами ее. Так, например, если хотим по циркону говорить об изотопной модели возраста избранной системы (минерального тела), то нельзя цирконовые индивиды изучать отдельно от системы (предварительно раздробив минеральный агрегат). Онтогенез циркона необходимо вписать в онтогенез системы, а далее соотношения изотопов должны быть «расписаны» в анатомии кристаллов циркона. В настоящее время нет ни одной работы в геологической литературе, где изотопный возраст цирконов получен по онтогенической методике.

#### Литература

*Бартон П. Б., Скиннер Б. Дж.* Устойчивость сульфидных минералов // Геохимия гидротермальных рудных месторождений. М.: Мир, 1970. С. 211–285.

*Григорьев Д. П., Жабин А. Г.* Онтогенез минералов. Индивиды. М.: Наука, 1975. 339 с.

**В. В. Масленников, С. П. Масленникова, М. Б. Хадисов**  
*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс  
mas@mineralogy.ru*

#### **Сравнительный анализ ассоциаций акцессорных минералов в гидротермальных сульфидных отложениях и продуктах их субмаринного гипергенеза**

В последнее десятилетие исследования лаборатории минералогии рудогенеза Института минералогии УрО РАН направлены на решение фундаментальной проблемы геологии, связанной с созданием концепций взаимодействия гидротермальных отложений с гидросферой. На основе сравнительного анализа состава гидротермальных отложений и продуктов их придонного преобразования предусматривается определить роль и место субмаринного гипергенеза (гальмиролиза) в теории гидротермально-осадочного колчеданообразования, оценить его влияние на минералогическое разнообразие колчеданных месторождений. Одно из направлений решения этой проблемы включает сравнение ассоциаций акцессорных минералов в гидротермальных отложениях и продуктах их субмаринного гипергенного преобразования. Главную информацию по этому вопросу дают материалы по минералогии колчеданных месторождений Урала, представленные в работах Г. Н. Пшеничного, Т. Н. Шадлун, П. Я. Яроша, М. И. Исмагилова, Н. П. Еремина, А. Г. Жабина, В. В. Зайкова, С. В. Колотова, В. П. Молошага, В. В. Мурзина, Е. В. Белогуб, К. А. Новоселова, И. В. Викентьева, И. Ю. Мелекесцевой и др.

В большинстве работ основное внимание уделялось минералогии продуктов гидротермального отложения или метаморфического и гидротермально-метасомати-