

А. В. Драгомирецкий**Геолого-генетические модели и принцип суперпозиции золоторудных систем (на примере Украинского щита)***(Представлено академиком НАН Украины Е. А. Кулешом)*

Наведено новий підхід до оцінки і типізації золоторудних об'єктів на прикладі докембрійських комплексів Українського щита на підставі запропонованих геолого-генетичних моделей золоторудних систем та їх послідовного накладення. Ці моделі ґрунтуються на розв'язках зворотних задач, а саме, послідовним введенням для кожної з них ієрархічно побудованих граничних умов, таких як походження, генезис, поведінка золота в режимах генезису, парагенезис. Це дає змогу виділити: за походженням — серії золоторудних систем; за генезисом — групи золоторудних систем; за парагенезисом — класи золоторудних систем з певними генетичними ознаками.

Изучение геологической, а особенно геолого-генетической задачи сводится к решению обратных задач, т. е. таких задач, где известен результат, а пути его достижения неизвестны. В этих случаях при решении задачи необходимо вводить последовательно, в определенном иерархическом порядке, граничные условия, позволяющие часть свойств или признаков определенного уровня компетенции сделать детерминированными или типоморфными. Автор рассматривает процесс формирования золоторудных объектов как часть общего хода геологической истории, имеющей специфический минералого-геохимический характер.

Наиболее общим, но вместе с тем и граничным, условием будут пути поступления энергии для геологического процесса: экзогенный и эндогенный. Реализация этих энергий и приводит к формированию геологических объектов, которые являются единственными фиксаторами геологических процессов. Вместе с тем эти потоки энергии позволяют функционировать неравновесным открытым системам. Характер таких систем по степени их развития и направленности обычно оценивают величиной энтропии и величиной производства энтропии [1]. Если энтропия системы характеризует степень ее упорядоченности, то ее производство показывает направление развития системы к порядку или беспорядку.

Эти граничные условия могут быть положены в систематику золоторудных объектов, цель которой — типизация объектов на геолого-генетических принципах. Первым наиболее крупным таксоном классификации предлагается считать экзогенный и эндогенный комплексы, характеризующие основную энергетическую составляющую — внешнюю и внутреннюю, каждая из них определяется своими ведущими энергетическими параметрами. Вторым таксоном выступают серии — гипергенная, седиментогенная, магматогенная и метаморфогенная. Серии подразумевают происхождение объекта как результата главного геологического процесса, развивающегося в этой части литосферы и приведшего к формированию золотого оруденения. К таким происхождениям можно отнести: 1) гипергенное; 2) седиментогенное, как следствие процессов, происходящих за счет внешней энергии; 3) магматогенное; 4) метаморфогенное, как следствие процессов, происходящих за счет внутренней энергии Земли.

В каждой паре происхождений один член характеризуется увеличением производства энтропии, т. е. усложнением системы за счет притока энергии, а второй — уменьшением этого показателя. В каждой паре присутствует прогрессивный и регрессивный члены.

Прогрессивный член каждой пары характеризуется повышением интенсивных термодинамических параметров, а регрессивный — снижением этих параметров. Так, в эндогенной паре прогрессивными являются метаморфические объекты, а регрессивными — ультраметаморфические или магматические объекты. В экзогенной паре связь между термодинамическими параметрами не столь очевидна. Если вернуться к понятию производства энтропии и величине работы, реализованной в результате расхода энергии, то прогрессивным процессом будет процесс разрушения пород, т. е. выветривание (гипергенез), а регрессивным — процесс седиментогенеза и последующие процессы литификации пород.

Третьим таксоном в пределах серий выступают группы, которые связаны с конкретным геологическим процессом: гипергенная — ранних кор выветривания и россыпей; седиментогенная — вулканогенно-осадочная, биогенная и осадочно-вулканогенная; метаморфогенная (“прогрессивная”) — метаморфизованная и метаморфическая; ультраметаморфогенно-магматогенная (“регрессивная”) — собственно ультраметаморфическая, магматическая и гидротермальных “регрессивных” метасоматитов.

Четвертым таксоном систематики выступают классы золоторудных систем, которые, являясь продуктами конкретных химических реакций, приводят к образованию парагенезисов минералов: в группе ранних кор выветривания — остаточный и инфильтрационный; в группе россыпей — прибрежно-морской слабо сортированный (гравелиты, конгломераты); в группе вулканогенно-осадочной — собственно вулканогенно-осадочный, вулканогенно-осадочный с углеродом, хемогенно-вулканогенно-осадочный; в группе осадочно-вулканогенной — протоспилито-кератофировый; в группе биогенной — биогенно-бактериальный (сульфатредукция типа черноморской); в группе метаморфизованной — вулканогенно-осадочный и осадочно-вулканогенный; в группе метаморфической — “прогрессивных” метасоматитов гидротермального типа с пиритом, продуктов фации зеленых сланцев с сульфидами, продуктов фации амфиболитовой с углеродом и ураном, “прогрессивных” метасоматитов грейзенового типа с турмалином, клинопироксеном, шпинелью; в группе магматической — ликвационный и ранне-позднемагматический; в группе ультраметаморфической — пегматиты; в группе “регрессивных” метасоматитов — припегматитовых скарнов, альбитит-грейзенов, гидротермальных высокотемпературных с As, Cu, W и др., гидротермальных среднетемпературных с Bi, Sb и др., гидротермальных низкотемпературных со Pb, Zn, Hg.

Формирование золоторудных систем Украинского щита (УЩ) контролируется: происхождением (главными геологическими процессами) — гипергенным, седиментогенным, метаморфогенным и ультраметаморфогенно-магматогенным; генезисом, как возможностями прохождения химических реакций на определенном этапе основного геологического процесса (например, магматического или гидротермального), и парагенезисом в виде широких и узких породообразующих и рудных ассоциаций минералов, как конкретным минеральным воплощением отдельных стадий генетического процесса с определенными типоморфными признаками (например, высокотемпературного гидротермального).

В УЩ в раннем докембрии формировалась ранняя несовершенная земная кора, сложенная в основном вулканогенно-осадочными комплексами базитов, прорванными интрузивными и эффузивными образованиями существенно основного состава. На этом этапе формировался и золоторудный потенциал докембрийских комплексов УЩ.

Последующие процессы метаморфизма, ультраметаморфизма и связанные с ними проявления метасоматоза лишь перераспределяли имеющийся рудный потенциал. Эти процессы охватили все комплексы, сформированные на этапах накопления первичной протокоры, метаморфизма базитовых протоосадочных толщ, палингенеза — частичного ультраметаморфического плавления и активного ультраметаморфизма с формированием нормальных существенно калиевых ультраметаморфогенных плутонических комплексов; изотопный возраст до 1900 млн лет (до формирования рапакиви).

В соответствии с концепцией происхождения золотого оруденения, принятого нами, предлагаются следующие геолого-генетические модели формирования золоторудных систем УЩ:

1. Гипергенные модели (процессы выветривания и седиментации). 1.1. Модель выветривания. 1.2. Седиментационная модель.

2. Метаморфогенные модели. 2.1. Модель зеленосланцевой фации. 2.2. Модель амфиболитовой фации. 2.3. Модель гранулитовой фации.

3. Ультраметаморфогенно-магматогенные модели. 3.1 Собственно ультраметаморфическая и пегматитовая модель (для абиссальных условий, более 10 км). 3.2. Альбитит-грейзенная модель (для гипабиссальных условий, глубина 3–5 км). 3.3. Модели гидротермальных метасоматитов. 3.3.1. Модель высокотемпературных условий. 3.3.2. Модель среднетемпературных условий. 3.3.3. Модель низкотемпературных условий.

4. Модели последовательного наложения (суперпозиции) гипергенных, метаморфогенных и гидротермальных систем.

Представленные геолого-генетические модели золоторудных систем сформулированы как перечень возможных геологических вариантов. Каждая из них характеризуется набором определенных экстенсивных и интенсивных термодинамических параметров, определяющих поведение золота.

Вместе с тем априорно приняты условия, что каждая из моделей реализуется в чистом виде. Однако известно и неоднократно доказано многими исследователями, что большинство золоторудных объектов имеет полигенный характер [2–4]. Полигенность определяется тем фактом, что все объекты УЩ претерпели метаморфизм различных ступеней как процесс, наложенный на ранее сформированные породы. Так, в пределах щита, модели, относящиеся к гипергенной серии, не могут быть обнаружены в неизменном виде, равно как и не могут быть обнаружены в одном объекте продукты, прогрессивно сформировавшихся фаций метаморфизма.

Золоторудные объекты могут быть разделены на дигенные, тригенные и тетрагенные и, по-видимому, более сложные. Учитывая, что всего выделено 11 простых генетических моделей, то возможное количество сочетаний моделей и их наложений, в соответствии с законами комбинаторики, предполагает существование 550 вариантов золоторудных объектов. Такое количество возможных вариантов и приводит к тому, что до сих пор золоторудные объекты не поддаются единой классификации.

Объекты необходимо систематизировать на принципах решения обратных задач, т. е. последовательным введением иерархически выстроенных граничных условий: 1) происхождение, 2) генезис, 3) поведение золота в режимах описанного генезиса, 4) парагенезис.

Для расшифровки формирования золоторудных объектов предлагается метод геолого-генетической интерпретации геологической информации по этим объектам, предусматривающий построение сначала простых геолого-генетических моделей, а потом их суперпозицию относительно возможных комбинаций разных геологических условий.

Интерпретация информации должна происходить только в рамках выбранной модели. Это позволит рассчитать узкие парагенезисы, характеризующие различные этапы формирования объектов. Особенно сложной представляется интерпретация информации, когда модельные узкие парагенезисы не только накладываются друг на друга как последовательные проявления, но и взаимодействуют между собой химически. Сложность интерпретации обусловлена и тем, что часть минеральных видов (золото) будет проявлена в каждом парагенезисе, и тогда потребуется онтогенетическое разделение этого минерального вида на генетические группы. Минеральные виды, индицирующие генетическую модель, несут максимальную типоморфную нагрузку, и, в конечном счете, могут рассматриваться как поисковые признаки.

1. Пригожин И. Введение в термодинамику необратимых процессов. – Ижевск: НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”, 2001. – 160 с.
2. Бобров О. Б., Сиворонов А. О., Гурський Д. С., Павлунь М. М., Ляхов Ю. В. Геолого-генетична типізація золоторудних родовищ України. – Київ: УкрДГРІ, 2004. – 368 с.
3. Павлишин В. И. О полигенетическом характере золотых оруденений // Минерал. журн. – 1999. – 21, № 4. – С. 116–117.
4. Нечаев С. В. Архейская океаническая кора как первоисточник рудогенных элементов и эволюция золоторудной минерализации в зеленокаменных комплексах Украинского щита // Там же. – С. 106–115.

Одесский национальный университет
им. И. И. Мечникова

Поступило в редакцию 27.11.2009

O. V. Dragomyretsky

Geologic-genetic models and the superposition principle of gold-ore systems of the Ukrainian shield

A new geological-genetic classification of gold-ore systems of the Precambrian on the Ukrainian shield is given. Geological-genetic models should be classified on solutions of inverse problems by the consecutive introduction of hierarchically built boundary conditions for each model: such as the origin, genesis, behavior of gold in the modes of the described genesis, and paragenesis. It allows one to separate: by origin – the series of gold-ore systems, by genesis – the groups of gold-ore systems, by paragenesis – the classes of gold-ore systems.