

От редколлегии

21—24 августа 2006 г. в Москве состоялся 12-й Симпозиум международной ассоциации по генезису рудных месторождений «Понимание генезиса рудных месторождений как вклад в минерально-сырьевые потребности XXI века».

На симпозиуме предполагалось проведение отдельной сессии на тему «Факторы, используемые для определения генезиса рудных месторождений — реалии и приложимость к поисковой геологии». По этой теме было заявлено весьма ограниченное число докладов, вследствие чего оргкомитет принял решение о проведении на данную тему свободной дискуссии 24 августа. Ее участники рекомендовали продолжить обсуждение указанной темы в геологических изданиях.

Соответственно редколлегия предложила опубликовать тезисы доклада А.И.Кривцова в данном номере журнала, поскольку он был стержневым на упомянутой дискуссии.

Кривцов А.И., 2006

Понимая, КАК возникли месторождения, знаем ли мы ГДЕ их искать?

КРИВЦОВ А.И. (ЦНИГРИ)

Современные поиски месторождений основаны на их описательных моделях, состоящих из элементов, которые доступны для опознания прямыми или косвенными методами. Генетические модели преимущественно реконструируют физико-химические и геохимические условия накопления руд и изменений вмещающих пород, объясняя природу описательных моделей. Методы построения генетических моделей в подавляющем большинстве случаев не могут быть конвертированы в поисковые методы. Особую проблему составляют нарастающие разрывы в информационной преемственности между разными поколениями геологов, а также между исследователями генезиса месторождений и индустрией поисков.

Тема этой сессии еще в 1976 г. обсуждалась в дискуссии между J.Reed (USA) и В.И.Смирновым (СССР) на Симпозиуме IAGOD в Тбилиси (Грузия). В 2000 г. она была рассмотрена в работе Т.С.McCuaig and J.M.A.Hronsky [4]. За последние десятилетия в изучении рудных месторождений достигнуты значительные успехи, в первую очередь в области создания различных моделей. Такие работы были инициированы геологами США и Канады и получили интенсивное развитие в Геологической службе СССР. Для месторождений благородных и цветных металлов создана система взаимосвязанных моделей, которые используются в России при прогнозе, поисках, оценке и разведке (см. таблицу).

Для выбора целей поисков прежде всего используются описательные модели с качественными и количественными характеристиками рудовмещающих геологических формаций и околорудного пространства, от чего зависит выбор поисковых методов. При этом естественно учитываются и геолого-генетические модели, однако последние, как справедливо отмечает R.Sillitoe [6], объясняют описательные модели (возможное происхождение их главных элементов). Если последние так или иначе отвечают на вопрос ГДЕ искать, то первые дают неоднозначные интерпретации того, КАК возникли месторождения.

Krivtsov A.I., 2006

Having known HOW the ore deposits came to being, do we have WHERE to search?

KRIVTSOV A.I. (TSNIGRI)

Existing mineral exploration employs descriptive models composed of the elements comprehensible from hints or direct evidences. Genetic models, in compliance with their descriptive nature, are due to restore physicochemical and geochemical ore deposition environments and related alteration features. Methods used in the genetic model development are easily transformable into the exploration methods. A special problem is to bridge a widening generation gap in the geological knowledge inheritance and adjust the academia vs. industry discrepancy.

J.Reed and V.I.Smirnov discussed the problem of this session at the IAGOD symposium held in Tbilisi, Georgia, in 1976. Lately T.McCuaig and J.Hronsky (2000) revisited this theme. Last decades brought a series of highly productive models. These, coined by geologists from the United States and Canada, proliferated in the geological community of the then USSR. A system of interrelated models developed here is currently in wide use by Russian geologists in prediction of and exploration for mineral deposits (Table).

The exploration target selection predominately employs descriptive models involving qualitative and quantitative characteristics of the ore-producing and ore-hosting environments, thus controlling the prospecting methods to be used. Naturally, geological genetic models remain on the list here serving as clues to descriptive models: as R.Sillitoe (2000) reasonably noted, they explain possible origin of the major features described. Genetic models may give some idea on WHERE a mineral deposit occurs, whereas descriptive models may be uncertain on HOW it came to being.

Система моделей месторождений и рудных тел благородных и цветных металлов
Ore deposits/bodies of base and noble metals: a system of models*

Модели	Classes of objects/models and features portrayed	Области использования Application areas				
		Теория рудогенеза Genesis of ore deposits	Металлогенетический анализ и прогноз Metallogenic analysis and prediction	Прогноз и поиски Prediction and prospecting	Оценка и разведка Assessment and exploration	Геолого-экономическая оценка Feasibility studies
Рудообразующих процессов и систем: количественные геолого-генетические	Ore-forming processes and systems: qualitative genetic models				—	—
Месторождений: классификационно-признаковые; прогнозно-поисковые качественные; геолого-промышленные количественные (статистические); прогнозно-поисковые параметрические	Mineral Deposits: Descriptive models (evidence-based classifications). Qualitative models for prediction and prospecting. Economic geological models (quantitative statistical). Parametric models for prediction and prospecting.				—	—
Рудных тел: морфометрические; концентрационные; градиентно-векторные морфометрические и концентрационные; композитные (многофакторные) оценочно-разведочные	Ore Bodies: Morphometric models Concentration-based models. Vector (gradient) morphometric and concentration-based (combined) models Composite (multivariate) models for assessment and exploration	—	—	—	—	—

Примечание. Используемость обозначена возрастанием числа знаков « »
*Note: the applicability rating shown as a total number of symbols.

К XXVIII сессии МГК ведущими металлогенистами СССР была издана работа «Рудообразующие процессы и системы» [2], в которой было показано, что в наиболее общем случае геолого-генетические модели таких систем должны отражать источники (энергии, вещества и его носителей), транспортирующие агенты и пути их миграции, области рудонакопления и области выхода разгруженных носителей рудного вещества. Естественно, что каждый из этих элементов имеет разное выражение в собственно плутоногенных, околотрузивных, стратиформных и стратонидных, жильных и других месторождениях, что должно отражаться в специфических признаках, используемых при прогнозах и поисках.

Современные исследователи рудных месторождений обладают мощным арсеналом технических средств, позволяющих с высокой точностью изучать изотопно-геохимические свойства руд и пород, определять составы рудообразующих растворов и их состояние в периоды рудоотложения, датировать геологические события, в которые так или иначе вовлекались месторождения. На этой основе объясняется, КАК и из чего возникли руды и изменились по-

Prior to the 18th IGC, leading Soviet metallogenists issued a monograph titled *Ore-Forming Processes and Systems* (1989). One of the key ideas of the book is that general genetic models of such systems are to portray the sources of energy, ore-forming substance, and transport agents, and, further, the migration pathways, ore deposition areas, and discharge zones of exhausted transport agents. Obviously, these system elements differ in their signatures inherent in magmatic, intrusion-related, stratiform, strata-bound, vein, and other mineralization styles; hence the difference in evidences to be considered in prediction and prospecting.

Nowadays the researchers dealing with ore deposits enjoy a powerful toolbox of research methods to produce high-precision isotope data on ores and rocks, estimate ore-forming fluid chemistry and its evolution during the course of ore deposition, trace the chronology of the mineralization-related geological events. Upon this basis geologists explain *how* the ore came to being and from what, whereas direct answers for a simple *where* are not so readily accessible.

роды, а прямые ответы на вопрос — ГДЕ их искать, далеко не всегда доступны.

В то же время, уклон в физико-химические аспекты рудообразования сопровождается отрывом от генетических обстановок. Появилось множество работ, в которых предлагается группировать месторождения по уровню сульфидизации растворов low, intermediate, high из чего следует размытость значений таких классификационных признаков. С другой стороны, состояние рудообразующих растворов не может быть использовано при поисках, которые основываются на прямых наблюдениях вещества, возникшего из тех или иных растворов.

Результаты «точечной» информации из разных частей рудных тел не дают их трехмерной картины; однако они (хотя бы по трем осям) нередко безосновательно экстраполируются на источники вещества и растворов, т.е. на те части систем, которые недоступны для наблюдения и предполагаются на основе доминирующих концепций, на т.н. «связях» руд с теми или иными магматическими телами (вплоть до мантии). В этой связи особенно важна методология подхода к месторождениям, залегающим в осадочных толщах (тип Карлин, вкрапленные руды Au в терригенных толщах, MVT и др.) Для них решающее значение имеют методы седиментологии и литологии, которые не очень привлекают внимание геологов-рудников, но широко используются при поисках [1].

Для поисков весьма важна проблема «top and bottom», которую уже давно для меднопорфировых месторождений выдвинул R.Sillitoe. Представляется очевидным, что нахождение того или иного участка «под месторождением» позволяет исключить его из изучения; если же таковой находится «над месторождением», то возникает вопрос — на какой глубине. Однозначных ответов на вопрос «top or bottom», в генетических моделях, к сожалению, пока немного.

Благодаря энергии геологов Новой Зеландии [7] пришло понимание того, что современные геотермальные системы представляют «верхушки айсбергов» — приповерхностные зоны ныне формирующихся месторождений, которые находятся на глубинах, как минимум, во многие сотни метров — первые километры и не всегда доступны для экономически целесообразных поисков. В последние годы появились доказательства одновременного и сопряженного формирования внутрикорковых руд и субмаринных рудных тел [3], что уже учитывается в описательных моделях как и пространственная сопряженность месторождений разного генезиса.

Автор разделяет основные положения работы T.C.McCuaig and J.M.A.Hronsky [4] в части оценок роли генетических моделей для поисков, поскольку несомненные успехи в создании генетических моделей не привели к радикальным изменениям в методах и технологии прогноза и поисков. Так, по данным R.Sillitoe [5] за последние 30 лет истекшего века в Андах было открыто более 30 весьма значительных месторождений благородных и цветных металлов, из них вблизи известных эксплуатируемых месторождений 6, на площади ранее известных рудопоявлений и эксплуатирувавшихся месторождений 14, в новых районах 12. Вклад в открытия собственно геологических методов признается на 28 объектах, геохимических (традиционных) — на 22, геофизических — на 4; бурением (без других методов) было открыто 3 месторождения. Прямые указания на вклад генетических моделей в открытия в цитируемой работе не содержатся.

At the same time, physicochemical controls overemphasized in the ore deposition studies lead away from the real ore deposition environments. Numerous publications, which authors classify mineral deposits by the relative grade of the ore-forming solution sulfidation, obscure these classification criteria. On the other hand, the state of the ore-forming fluids is not applicable in prospecting guided by direct observations of deposition products from these solutions.

The point observation data obtained from various parts of ore bodies are hardly transformable into a 3D image. Nevertheless; these are groundlessly (although frequently via a 3D wireframe) extrapolated onto the sources of ore-forming components and transport agents, i.e., onto unobservable hypothetic parts of the systems inferred from the so-called relationships of mineralization and certain magmatic bodies *sensu lato*, mantle included. In this respect, approaches to ore deposits localized in sedimentary sequences (e.g., the Carlin style Au, disseminated gold in terrigenous sequences, MVT, etc.) are of special importance. Methods applied in sedimentology and lithology somewhat uncommon with academic ore geologists but widely used in exploration practice are of vital importance (Krivtsov, 2003).

The *top or bottom* dilemma R.Sillitoe has formulated for porphyry copper deposits remains as a challenge for all economic geologists. Evidently, in case an object occurs below the deposit, it is of no practical interest; alternatively, an exploration geologist is to estimate, at what distance the object in question lies from it. Genetic models rarely give a direct answer here.

It is due to tireless efforts applied by New Zealand geologists (Simmons, Brown, 2000), the geological community came to understanding that active hydrothermal systems are just tops of the icebergs, i.e., these are the near-surface zones of currently depositing mineralization, which occur at depth of hundreds and thousands meters, thus being below the economically reasonable prospecting limit. Recent years brought evidences for simultaneous spatially correlated deposition of intra-crustal ore and submarine ore bodies (Carman, 2003), what has been taken into consideration by descriptive models along with spatial closeness of genetically different ore deposits.

The author shares the views of his Australian colleagues (McCuaig, Hronsky, 2000) on the role of genetic models in exploration, for undisputable advance in the genetic models development caused no radical changes in the exploration techniques and methods. As R.Sillitoe (2005) observed, during the last three decades more than 30 large base and noble metal deposits were discovered in the Andes. Of these, 6 occur near active mines, 14 lie at previously known ore showings or exhausted deposits, and 12 are located in new areas. Common geological methods are acknowledged as successful pathfinders in 28 cases, geochemistry in 22, geophysics in 4, and wild cat drilling brought 3 discoveries. This publication contains no direct references concerning the share the genetic models brought.

Можно лишь приветствовать предложения Т.С.МсСuaig and J.М.А.Нronsky [4], касающиеся организационного взаимодействия между исследованиями генезиса месторождений и их поисками в первую очередь потому, что индустрия поисков зачастую оказывается оторванной от достижений науки, а наука не имеет достаточного обеспечения ни геологическими материалами, ни финансовой поддержкой.

Современная государственная геологическая служба России пока еще продолжает вести поиски; при этом федеральный бюджет принимает на себя высокие риски ранних стадий работ, а выявленные месторождения передаются в частный сектор для разведки и эксплуатации. С целью снижения рисков МПР России ввело в действие программно-целевую систему управления геологоразведочными работами, включив в нее научно-методическое обеспечение и сопровождение геологических проектов. Это обеспечило сближение интересов науки и производства, возможность реализации научных разработок, а также адаптацию генетических построений к практике поисков с ростом эффективности тех и других.

На вопрос, вынесенный в название данной работы, могут быть получены различные ответы, однако эффективность использования генетических построений в реальной практике с нашей точки зрения зависит в том числе и от того, насколько устойчива и надежна информационная преемственность между геологами разных поколений, между исследователями и поисковиками.

Wide and practice-bound cooperation in the ore deposit origin studies between academia and industry T.C.McCuaig and J.M.A.Hronsky (2000) have put forward is most welcome, as the industry not infrequently lags behind the research achievements, whereas academia lacks geological information and finance.

Geological prospecting in Russia remains under the governmental control, so it is the federal budget that takes high risks of the earlier stages, whereas private enterprises explore and develop the mineral deposits found. To reduce risks, the Russian Ministry of Natural Resources worked out and launched a target-oriented prospecting management system with the scientific support and guidance as its essential element. This system motivates closer links between academia and industry, opens possibilities for implementation of the research project results and makes easier adaptation of genetic concepts in everyday practice. Thus, both academia and industry may gain the values of their own at their mutual profit.

Answers for a question put in the heading of this paper may differ, but we believe that the practical value gained from genetic comprehension in practice, along with other reasons, depend on how stable and reliable is the informational heritage between the geologists of different generations and, certainly, between academia and industry.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кривцов А.И.* Гносеологические «мифы и рифы» проблемы источников рудного вещества // Руды и металлы. 2003. № 4. С. 5—14.
2. *Рудообразующие процессы и системы* / Под ред. В.И.Смирнова. — М.: Наука, 1989.
3. *Carman Graham D.* Geology, Mineralization, and Hydrothermal Evolution of the Ladolam Gold Deposit, Lihir Island, Papua New Guinea. SEG. Special Publication, 10. 2003. P. 247—284.
4. *McGuaig T.C. and Hronsky J.M.A.* The Current Status and Future of the Interface between the Exploration Industry and Economic Geology Research. SEG Reviews. Vol. 13. 2000. P. 553—559.
5. *Sillitoe Richard H.* Musings on Future Exploration Targets and Strategies in the Andes / SEG. Special Publication, 11. 2004. P. 1—14.
6. *Sillitoe Richard H.* Gold-Rich Porphyry Deposits: Descriptive and Genetic Models and Their Role in Exploration and Discovery. SEG Reviews. Vol. 13. 2000. P. 315—345.
7. *Simmons Stuart F. and Browne Patrick R.L.* Hydrothermal Minerals and Precious Metals in the Broadlands-Ohaaki Geothermal System: Implications for Understanding Low-Sulfidation Epithermal Environments. Economic Geology. Vol. 95. 2000. P. 971—999.