



С. А. Григоров
канд. г.-м. наук,
руководитель
геологического блока
ООО «УК Поллюс
Геологоразведка»

Геохимическая модель рудообразующей системы

В данной статье автор рассматривает синергетический принцип применительно к прикладной геохимии, как основу выделения аномальных структур геохимических полей, наделенных прогностическими свойствами и отражающих искомые геологические объекты.

In this article the writer views synergetic concept as the selection's sampling of anomalous structures of geochemical fields, which was provided by forecasting behaviors and reflecting of required geological objects.

Ключевые слова: поисковые модели, геохимическое поле, аномальные структуры геохимических полей, рудно-магматическая система, фаза центробежного развития рудообразующей системы, фрактальная дробность.

Keywords: exploration models, geochemical field, anomalous structures of geochemical fields, ore and magmatic systems, phase of centrifugal development of ore's creation systems, fractals fractionizing.

В настоящее время фонд легко открываемых рудных месторождений стремительно сокращается, что ставит перед научной и практической геологией задачу выработки поисковых моделей, основанных на воспроизводимых и надежных критериях локализации искомым объектов в геологическом пространстве.

Важнейшими требованиями к таким критериям являются наличие теоретической (идеализированной) модели рудного объекта соответствующего ранга, базы данных, равномерно характеризующих этот объект и технологичности моделирования в практическом применении.

Объективной основой базы данных являются геохимические, геофизические и фотометрические поля, инструментально измеренные в точках с заданной плотностью. Наиболее полно рудообразующий процесс может быть отражен в многомерном геохимическом поле, отражающем пространственное размещение химических элементов в результате выноса, транспорта и концентрации, что и приводит, в конечном итоге, к формированию рудных объектов различных рангов.

Идеализированная модель рудообразующего процесса, разработанная автором, распространяется на весь топологический ряд от металлогенической провинции до рудного тела включительно и имеет эмпирическую основу [1, 2, 3, 4].

Универсальная модель рудообразования не зависит от минерального наполнения, и характеризует сам процесс, в основе которого лежит экстракция минерального вещества из вмещающей геологической среды, перенос и отложение на геохимических барьерах в условиях открытой и замкнутой термодинамической системы.

Современная практика поисков рудных месторождений направлена на решение обратной задачи – по набору поисковых признаков выйти на искомый рудный объект. При этом сама концептуальная возможность решения обратных задач в поисковой геологии не подвергалась сомнению, полагая отсутствие иной парадигмы.

Но эффективное решение обратных задач возможно только для линейных систем, тогда как геологические процессы, по определению, являются нелинейными. На это несоответствие обратили внимание П. М. Горяинов, Г. Ю. Иванюк и др. [5]. С точки зрения этих авторов, «хаос» природных систем представляется как нелинейная организация. В основу нового подхода легла физика неравновесных систем, демонстрирующая фундаментальную особенность сильнонеравновесных систем порождать высокоупорядоченные структуры. Теория самоорганизации сложных динамических систем, изучающая, каким образом это происходит, теория хаоса-порядка, фрактальная организация геологической среды и пр. вошли составной частью в новое междисциплинарное направление – синергетику.

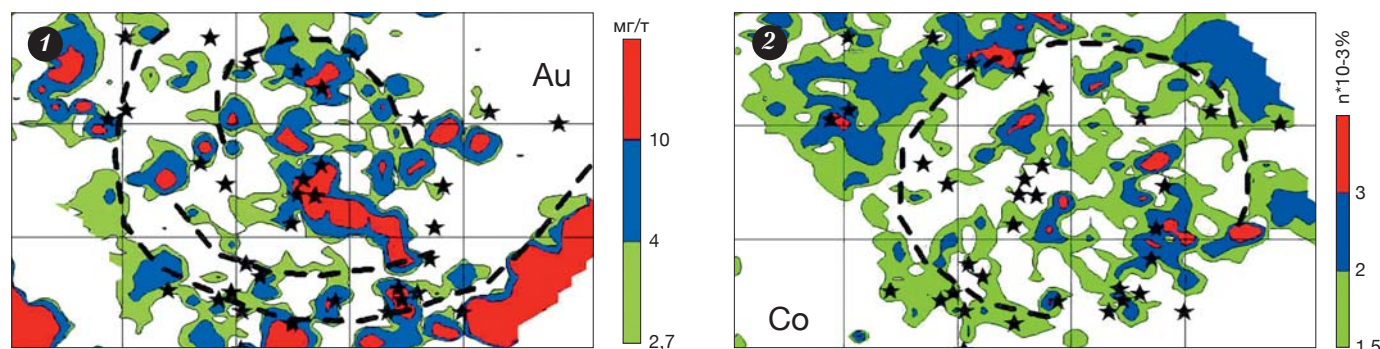
Применительно к прикладной геохимии автор рассматривает синергетический принцип как основу выделения аномальных структур геохимических полей (АСГП), наделенных прогностическими свойствами и отражающих искомые геологические объекты [1, 2].

Диагностические признаки АСГП определены эмпирически в процессе исследования структурных свойств геохимических полей, отражающих известные рудные объекты на различных уровнях их организации. На основе сомасштабных геохимических данных построена иерархия структурно-геохимических ансамблей, отражающая природную последовательность рудообразования, от металлогенических провинций до рудных тел. В итоге сравнительного морфоструктурного анализа установлены устойчивые морфологические признаки, присущие всем таксонам топологического ряда, и определены причинно-следственные механизмы геохимической зональности и стадийности минералообразования.

Первичное накопление минерального вещества происходит в фазе центробежного развития рудообразующей системы в связи с воздействием тепловой энергии магматических тел (от планетарных магматических и вулканических поясов до локальных очаговых структур)

Рис. 1.
Зонально-волновая структура ГП золота на юге Красноярского Края

Рис. 2.
Зонально-волновая структура ГП кобальта на юге Красноярского Края



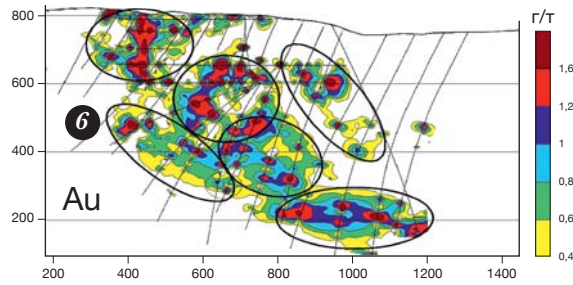
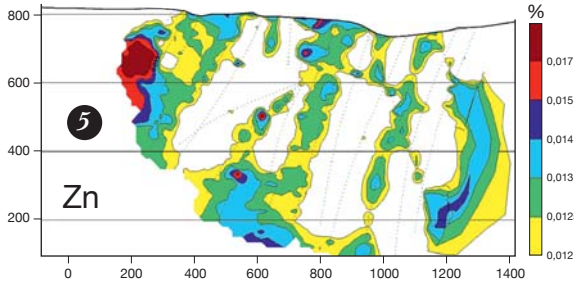
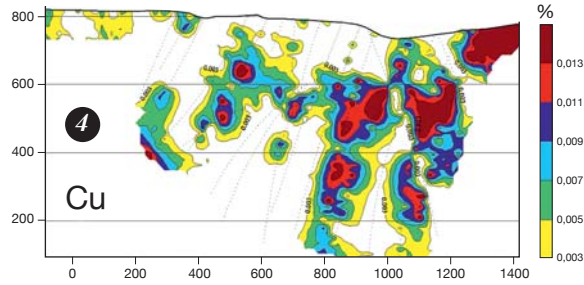
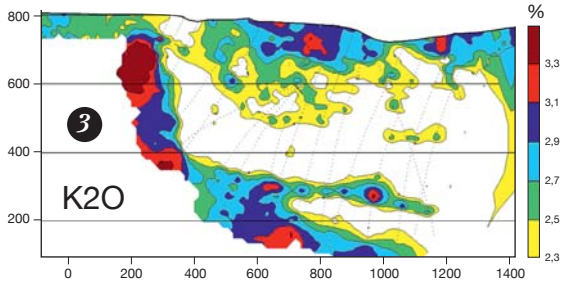


Рис. 3.
«Центробежная» структура «дорудного» ГП оксида калия в разрезе +50 Наталкинского месторождения

Рис. 4.
Структура ГП меди на ранней стадии минералообразования в разрезе +50 Наталкинского месторождения

Рис. 5.
Структура ГП цинка на ранней стадии минералообразования в разрезе +50, Наталкинское месторождения

Рис. 6.
«Центростремительная» фрактальная структура ГП золота в разрезе +50 Наталкинское месторождения

на окружающий геологический субстрат. В силу различия свойств химических элементов и их комплексов центробежно развивающаяся рудообразующая система порождает первичную геохимическую зональность в виде вложенных друг в друга тонов, создавая зонально-волновую структуру регионального геохимического поля (ГП) (рис. 1, 2).

Например, геохимические поля золота и кобальта, находясь в единой кольцевой структуре, наложены на геологический субстрат и отрицательно коррелируют между собой, отражая региональную геохимическую зональность. Практически все известные месторождения и проявления золота расположены во внутренней области кольцевой структуры, а наиболее крупные из них, в ее ядре. В этом случае в структуре ГП отражена крупная рудно-магматическая система (РМС), соответствующая по масштабу металлогенической области.

Формирование рудообразующей системы в фазе центробежного развития происходит в условиях открытой термодинамической системы. Структурная сложность геохимических полей обусловлена структурно-морфологической неоднородностью источников рудообразующей энергии (чаще всего рельефом магматического основания) [4]. Региональная геохимическая зональность преимущественно обусловлена снижением температуры и связанным с ней изменением физико-химических параметров ореолообразования (температурная зональность). В условиях центробежного развития рудообразующей системы формируются металлогенические таксоны, соответствующие металлогеническим провинциям, областям, поясам и т.п., до рудных узлов включительно.

Формирование локальных диссипативных рудообразующих систем происходит параллельно или с отставанием во времени на участках вихревых замыканий рудообразующих потоков, приводящих к формированию конвективных ячеек. Конвективное обращение энергии и вещества в геологической среде приводит к самоизоляции рудообразующей системы, развитие которой в режиме самоорганизации вызывает дальнейшую концентрацию химических элементов в фазе центробежно-центростремительного развития в условиях замкнутой термодинамической системы [3].

Структурная сложность геохимических полей замкнутой диссипативной рудообразующей системы обусловлена зональной дифференциацией продуктов поступательно-возвратного перемещения минерального вещества, в ограниченном объеме рудообразующей камеры, и стадийной сменой планов тектонических деформаций в процессе ее наполнения минеральным веществом. В условиях центробежно-центростремительного и центростремительного развития рудообразующей системы формируются рудные таксоны, соответствующие рудным полям, рудным зонам, рудным телам, рудным столбам и т.д., до минерального индивида включительно, которые представляют собой непрерывно-прерывистый фрактальный ряд. Каждый таксон этого ряда отличается от соседних таксонов характером геохимической зональности и размерами. Укрупнение рудных таксонов происходит от периферии к центру рудообразующей камеры, в ядре которой формируется наиболее продуктивное оруденение [3]. В целом, температурный режим снижается от периферии к ядру, что обуславливает

формирование относительно более высокотемпературных рудных «сателлитов» на флангах рудообразующей системы.

Центробежная и центростремительная фазы рудообразования проявляются вне зависимости от состава и строения вмещающей геологической среды, морфогенетических особенностей и минеральных типов рудных месторождений, являясь универсальными проявлениями единого механизма рудообразования. По этой причине, несмотря на многообразие структурно-вещественных типов рудных месторождений, последние охарактеризованы ограниченным набором диагностических признаков формы и содержания (структура геохимического поля и геохимическая зональность).

Универсальными диагностическими признаками (критериями) АСПП, отражающих металлогенические и рудные объекты, являются центростремительная и центробежная геохимическая зональность, проявленная в виде концентрически-зональных и линейно-зональных конструкций. Дуговые и кольцевые структуры АСПП отражают физико-химические границы рудообразующей системы и указывают на пространственное положение рудогенерирующих очагов (энергетических центров). Линейные границы АСПП отражают рудоконтролирующие (вмещающие и блокирующие) структурно-литологические границы вмещающей геологической среды, что позволяет на ранней стадии прогнозирования оценивать влияние на локализацию рудных объектов только тех структурно-геологических неоднородностей, которые имеют непосредственное отношение к рудогенезу.

Важным системным оценочным признаком диссипативных структур геохимических полей является фрактальная дробность.

Фрактальная дробность рудообразующей системы является продуктом циклической самоорганизации минерального вещества и тектонической структуры вмещающей геологической среды в объеме замкнутой рудообразующей системы. Фрактальная дробность отражает прерывисто-непрерывный процесс самоорганизации и зависит от энергетического

потенциала рудообразующей системы. Показатель фрактальной дробности изменяется от 1 до 5 (для исследованных золоторудных месторождений): 1 – рудопроявления, гнезда минерализации; 2 – мелкие месторождения; 3 – средние месторождения; 4 – крупные месторождения; 5 – сверхкрупные и уникальные месторождения. Векторы фрактальной дробности направлены вовнутрь рудообразующей камеры. В ядре, в объеме центрального таксона фрактального ряда, концентрируется максимальное количество минерального вещества, характеризующего минеральный тип данного рудного объекта. Каждый таксон фрактального ряда несет как общие черты геохимической зональности более высокого иерархического уровня, так и индивидуальные особенности, свойственные только этому таксону (рис. 3-6).

Фрактальная самоорганизация минерального вещества в ядре рудообразующей камеры определяет степень неоднородности распределения минеральных компонентов.

Региональные АСПП не локализованных и локализованных металлогенических построек отражают объекты прогнозных локализованных и не локализованных ресурсов категории РЗ. АСПП рудных объектов на уровне рудных полей и рудных зон могут служить пространственным обоснованием локализованных ресурсов категории Р2 и быть использованы для оценки полноты геологической опосредованности территории. АСПП на уровне рудных тел и рудных столбов могут служить пространственным обоснованием для увязки рудных тел и подсчетных контуров, обоснованием границ для прогнозной оценки категории Р1 и оценки полноты разведанности месторождений.

Структурно-геохимический метод моделирования рудообразующей (ореолообразующей) системы позволяет воспроизводимо локализовать в геологическом пространстве металлогенические и рудные объекты и открывает путь для создания объективной основы для металлогенического районирования территорий, формирования единообразного подхода к оценке прогнозных ресурсов и снижения влияния субъективизма экспертных оценок. ■

Литература

1. Григоров С.А. Научное издание. Золоторудные месторождения России. Ред. М.М. Константинов. – М.: Акварель, 2010. С. 308-323.
2. Григоров С.А. Отражение в геохимическом поле рудообразующей системы, как объекта геохимических поисков. Материалы II Всероссийской конференции по прикладной геохимии. Воронеж, 2009. С. 36-42.
3. Григоров С.А., Кушнарев П.И. Геохимическая разведка рудных месторождений. М.: Недропользование. №5. 2010. С. 26-33.
4. Григоров С.А. Геохимическая зональность металлогенических объектов в структурах геохимических полей. Москва, Недропользование. №3. 2010. С. 20-27.
5. Иванюк Г.Ю., Горяинов П.М. Самоорганизация рудных комплексов. М.: Геокарт-Геос, 2009. С. 355-372.