

дия) (выполнено в Аналитическом центре ФГБУ «ВИМС» Н.С. Вахониным). Как видно из табл. 2, средние значения содержания молибдена в метаморфизованных песчаниках и филлитах, вмещающих молибденитовый штокверк, в 2,5 раза больше, чем в гранитах. Средние содержания вольфрама в гранитах, вмещающих шеелитовый штокверк, в два раза больше, чем в метаморфогенных породах.

В образовании крупных месторождений помимо вышеописанного участвуют и другие процессы. Но для формирования рудной вкрапленности и небольших количеств руды, соответствующих категории рудопроявления или небольшого месторождения, описанный механизм рудообразования, подразумевающий экстракцию полезного компонента из пород при воздействии растворов, проходящих через поры и трещины, с последующим его переносом и отложением при наступлении благоприятных условий, вполне возможен.

Выводы и обобщения

Результаты проведенных исследований позволили сделать выводы о том, с какими породами связано оруденение, их составе и характере этих связей, а также о некоторых генетических особенностях самого оруденения. Полученные выводы дают возможность взглянуть на генезис рудопроявления с несколько иной точки зрения, чем это делалось до сих пор. Основная доля в рудной составляющей по данным оптических исследований приходится на сульфиды, представленные главным образом пиритом, халькопиритом, пирротином. В меньшей степени среди рудных минералов присутствуют молибденит, шеелит, касситерит, минералы серебра. Промышленный интерес представляют шеелит и молибденит.

Дифференциация вещества, концентрация и отложение полезных компонентов обусловлено движением гидротерм в системе пор и трещин, распространенных как в гранитах, так и во вмещающей их толще. Однако растворы не привносят, а лишь переносят полезные компоненты, экстрагируя их из пород, через которые циркулируют. При наступлении благоприятных условий происходит отложение рудных минералов.

Состав оруденения и его особенности в значительной степени зависят от вмещающих пород, рудная специфика которых различна. В специализированном на вольфрам гранитном массиве в рудах присутствует достаточно большое количество шеелита, тогда как в метаморфогенных породах к востоку от гранитного массива полезный компонент представлен в большей степени молибденитом. В пластообразных телах скарноидов по эффузивам основного состава, расположенных к западу от интрузии, интерес представляет шеелитовая минерализация.

Главные выводы из всего сказанного выше могут быть отражены в следующих основных положениях.

Гранитный массив, с которым пространственно связано оруденение участка Александра, сформирован относительно молодыми известково-щелочными биотитовыми гранитами—адамелитами.

В пределах площади рудопроявления развиты процессы жильно-прожилкового окварцевания и слабо проявленной грейзенизации, затрагивающие как гра-

нитный массив, так и вмещающие его породы за пределами зоны экзоконтакта.

Формирование оруденения, в составе которого наряду с молибденитом и шеелитом в значительном количестве присутствуют пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, касситерит и минералы серебра, связано в основном с окварцеванием.

Рудные процессы затронули область, существенно превышающую площадь выхода гранитного массива на поверхность. Состав оруденения и его особенности в значительной степени зависят от вмещающих его пород, рудная специфика которых различна.

Формирование рудопроявления Александра обусловлено экстракцией полезных элементов из пород при взаимодействии с растворами, циркулирующими в порах и трещинах. Перенос, а затем отложение полезного компонента в минеральной форме происходит при наступлении благоприятных для этого условий.

Непосредственной связи оруденения со становлением гранитной интрузии не установлено. Источником тепла, определяющим тепловой режим рудоотложения, являлись, вероятно, более глубинные магматические процессы, определяющие как интрузивную, так и рудообразующую гидротермальную деятельность.

Авторы благодарят доктора г.-м.н. И.И. Курпьянову за полезные советы и замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барабанов В. Ф. Генетическая минералогия. — Л.: Недра, 1977. — 327 с.
2. Беус А. А. Геохимия литосферы. — М.: Недра, 1972. — 296 с.
3. Маракушев А. А. Петрология магматических горных пород. — М.: МГУ, 1973. — 320 с.
4. Покалов В. Т. Рудно-магматические системы гидротермальных месторождений. — М.: Недра, 1992. — 288 с.
5. Раков Л. Т., Шурига Т. Н. Структурно-динамическое состояние как генетический критерий кварца. — Геохимия. — 2009. — № 10. — С. 1086–1102.
6. Таусон Л. В. Геохимия редких элементов в гранитоидах. — М.: АН СССР, 1961. — 231 с.
7. Хитаров Н. И. О некоторых гидротермальных экспериментах / Вопросы петрографии и минералогии. — Т. 2. — М., 1953. — С. 194–198.
8. Щербаков Д. И. Новое о происхождении гидротермальных месторождений / За тесную связь геологической науки с производством. — М., 1966. — С. 11–20.

© Колесникова Н. Б., Борисов В. Н., Раков Л. Т., 2016

Колесникова Наталья Борисовна // korund604@mail.ru
Борисов Владимир Николаевич // "yandex" agurikov@yandex.ru
Раков Леонид Тихонович // rakovlt@mail.ru

УДК 550.84:553.4

Григоров С. А. (ФГУП «ИМГРЭ»)

**ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ И
РАНЖИРОВАНИЯ ПО ПЕРСПЕКТИВНОСТИ РУДНЫХ
ОБЪЕКТОВ НА СТАДИИ СРЕДНЕМАСШТАБНЫХ
ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ**

Эффективность геохимических поисков по потокам рассеяния может быть кардинально увеличена путем интерпретации аналитических данных с позиций структурно-геохимического моделирования ореолообразующей (рудообразующей) системы. В потоках рассеяния отра-

*жена фрактальная структура геохимического поля, отражающая систему рудных объектов в ранге рудных полей и рудопроявлений — сателлитов. Установлено, что концентрически-зональные структуры геохимического поля не имеют видимого отражения в геологических образах при геологическом картировании. **Ключевые слова:** геохимические поиски, потоки рассеяния, структура геохимического поля, концентрическая зональность, фрактальная структура, локализация и ранжирование рудных объектов.*

Grigorov S.A. (IMGRE)

EFFECTIVE TECHNOLOGY OF ORE OBJECTS
LOCALIZATION AND PERSPECTIVITY-RANKING
ON THE STAGE OF MEDIUM-SCALE GEOCHEMICAL
PROSPECTING

*The efficiency of geochemical prospecting for dissipation flows can be fundamentally increased by the interpretation of the analytical data from the standpoint of structural and geochemical modeling aureole-forming (ore-forming) system. The dissipation flows reflect the fractal structure of the geochemical field, reflecting system of ore objects in the rank of ore fields and ore occurrences. It was established that concentrically zoned structure of geochemical fields do not have a visible reflection in geological imagery in geological mapping. **Key words:** geochemical prospecting, dissipation flows, structure of geochemical field, concentric zoning, fractal structure, localization and ranking of ore objects.*

На стадии среднемасштабных поисков решается важнейшая задача, от которой зависит результативность трудоемкого и дорогостоящего процесса открытия месторождений. Такой задачей является правильный выбор наиболее привлекательного объекта в ранге рудных полей и определение его пространственных границ. Традиционный комплекс поисковых работ включает геологические, геохимические и геофизические исследования, в каждом из которых могут применяться широкие наборы методических приемов, требующие значительных финансовых и трудовых затрат. Но при этом, как правило, нет уверенности в положительном конечном результате. Это обусловлено тем, что ни один из методов не может эффективно обосновать критерии локализации искомого рудного объекта и его приоритетность в рамках традиционных технологий. В то же время, появление в поисковой среде любого методологического подхода, эффективного способа локализации и ранжирования рудных объектов, позволяет отказаться от излишней комплексности поисков, снизить затраты и сократить время.

Таковыми свойствами обладает структурно-геохимическое моделирование, которое, во многих случаях, в разных ландшафтных, геолого-структурных обстановках и при разных способах опробования, позволяет эффективно решать поисковые задачи. В качестве критериев локализации и ранжирования гидротермальных, метасоматических и магматогенных рудных объектов выступает концентрическая зональность и фрактальная структура геохимического поля (ГП), отражающие иерархическую рудообразующую систему. Универсальность структурно-геохимических критериев обусловле-

на фундаментальными свойствами самоорганизации ореол- и рудообразования в нелинейной динамической среде [1].

В качестве примера рассмотрим результаты геохимических поисков по потокам рассеяния масштаба 1:50 000, выполненные в Эфиопии. Основанием для проведения поисков послужило наличие старательских разработок россыпного золота на севере площади и спорадические шлиховые ореолы золота на остальной площади. Опробование проведено в ложах сухих русел временных водотоков по стандартной методике. Анализы проб выполнены в сертифицированной лаборатории России. Рельеф — холмисто-увалистый с пологими водоразделами. В большинстве случаев во врезках ручьев вскрыты коренные породы, а мощность латеритов не превышает 1,5–2,0 м. Площадь поисков сложена протерозойскими метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами, инъецированными метаморфизованными гранитами, гранито-гнейсами, плагиогранитами, гранодиоритами, диоритами, габбро и диабазами. В меньшей мере присутствуют относительно молодые базальты. Широко проявлены вторичные изменения в виде окварцевания по массе и в виде жильно-прожилковых серий.

Густая сеть сухих русел позволила создать равномерную и плотную сеть опробования, которая обеспечила надежную интерполяционную основу для структурно-геохимического моделирования, исключая двойственное толкование в интерполяции ореолов. Все проанализированные элементы в структурном плане образуют конструкции трех типов. Первые из них представлены островными структурами рудных элементов (Au, Ag, Mo, Fe). Вторые формируют внешнее обрамление, состоящее из рудных и породообразующих элементов (Zn, Ni, Co, V, B, Ti и редкоземельные элементы). Третья группа рудных и породообразующих элементов в контексте единой структуры ГП, но на разных участках, образуют разные связи (Cu, Pb, Ba, Mn, Li, Zr, Sr).

Золото и железо в центре площади формируют островное ГП, в котором они имеют концентрически-зональную структуру (рис. 1). Железо образует внешнее моноэлементное обрамление и накапливается вместе с золотом в ядре системы. Серебро и молибден образуют два локальных ГП — Центральное и Южное. В Центральной структуре оба элемента положительно коррелируются с золотом и отрицательно с элементами второй и третьей групп (рис. 2).

В ядре Южной структуры локальное ГП имеет контрастное зональное строение. Молибден и серебро обрамляют ядро системы, в котором накапливаются барий, литий, цирконий, стронций. Эти элементы прямо указывают на пространственную связь с магматическим центром рудно-магматической системы (РМС). Энергетический источник, сформировавший ядро Центральной структуры, трассируется выходами комплексом магматических тел, также образующих кольцевую структуру (рис. 2). Энергетические центры РМС, по всей видимости, принадлежат единой эндогенной системе, обуславливая образование фрактальной структуры, которая проявляется как в связи с магматиз-

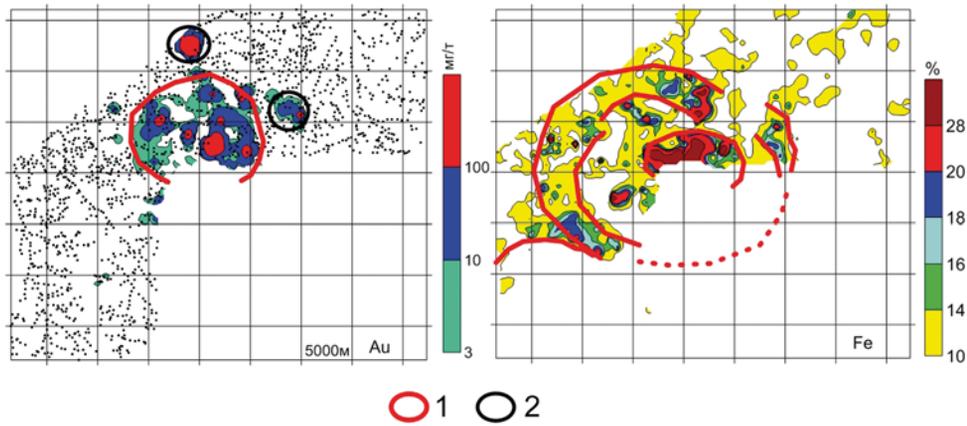


Рис. 1. Концентрически-зональная структура островного геохимического поля золота и железа (на плане опробования): 1 — структурно-геохимические границы; 2 — ореолы-сателлиты

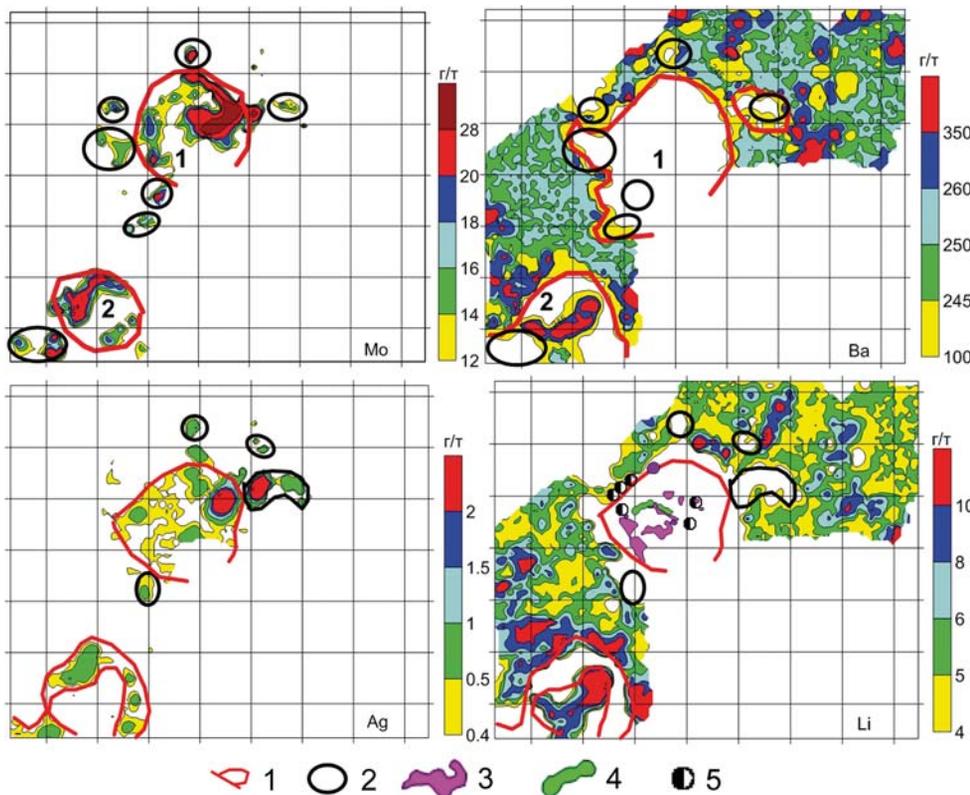


Рис. 2. Фрактальная структура и полярная зональность ГП молибдена и бария, серебра и лития: 1 — структурно-геохимические границы и локализованные рудные поля: 1 — Au-Ag-Fe-Mo специализации, 2 — Au-Ag-Mo специализации; 2 — ореолы-сателлиты; 3 — метаморфизованные магматические породы кислого и среднего составов; 4 — метаморфизованные магматические породы основного состава; 5 — проявления россыпного золота

мом, так и в связи с концентрически-зональными геохимическими структурами, которые сопровождают ореолы-сателлиты.

Разница в строении и элементном составе Центральной и Южной структур отражает геохимическую зональность и уровень эрозионного среза. Наличие бария в ядре Южной структуры позволяет полагать меньший эрозионный срез системы. Более глубокая дифференциация структуры ГП Центрального участка связана с более сильным энергетическим воздействием, что позволяет считать его центром фрактальной структуры

отражения в закартированных геолого-структурных образах.

Приведенный фактический материал позволяет сделать ряд выводов:

Выявлены и локализованы две аномалии геохимического поля, отражающие рудные объекты в ранге рудных полей. Площади Центрального и Южного РП составляют около 100 км² каждый, что позволяет отнести их к разряду крупных рудных объектов. Объекты подготовлены для детальных геохимических поисков, целью которых является локализация и ранжирование

РМС. К этому центру приурочены наиболее продуктивные ореолы золота и молибдена.

Обращает на себя внимание сильнейшая отрицательная пространственная связь, отражающая характерную для рудообразующих систем полярную зональность [1], не только между элементами основных центров и окружающим полем, но и между окружающим полем и мелкими полями-сателлитами. Буквально каждый из них имеет свои «центры» во фронтальном геохимическом поле.

Таким образом, на опоскованной площади с истощающим основанием локализованы две аномалии ГП, отражающие рудные объекты в ранге рудных полей (РП) и рудопроявления-сателлиты. Рудные поля не полностью оконтурены по периметру, но основная их часть расположена на опоскованной площади. Эти РП входят в состав рудного узла, уходящего за пределы исследованной территории.

В ядре Центрального РП размещены мощные серии кварцевых жил, насыщенные крупными монокристаллами магнетита. Эти жилы не несут золото-молибденовую минерализацию и коренные источники этих металлов не установлены. В пределах Южного РП визуализируемые рудные образования не выявлены. Несмотря на относительно детальную геологическую основу, выявленные объекты не находят адекватного

объектов в ранге рудного поля (для оценки внутренней структуры РП) рудных зон и рудных тел для последующей организации геолого-экономической оценки. Для решения задачи следует выполнить последовательное опробование коренных пород по сети 200×200 м, 100×100 м, 50×50 м и структурно-геохимический анализ на каждом этапе поисков. К геолого-геофизическим и сопутствующим исследованиям целесообразно приступить на стадии геолого-экономической оценки выявленных рудных тел.

Для целостного понимания потенциала системы целесообразно расширить геохимические поиски для оконтуривания рудного узла по периметру. Нельзя однозначно ранжировать по перспективности рудные поля, не осознавая общего масштаба рудогенеза.

Локализованные ореолы — сателлиты в ранге рудопроявлений и точек минерализации не имеют практического значения, т.к. расположены в периферийной области Центрального РП и имеют малые физические размеры. С этими и подобными им объектами связаны россыпи золота, пригодные для старательской отработки.

Опережающие геологические исследования не обеспечили локализацию рудных объектов в ранге рудных полей. Отсюда следует, что геологическая съемка и геологические поиски не выполнили своего назначения в части металлогенического районирования территории и локализации перспективных площадей для постановки детальных ГРР. Это не связано с квалификацией специалистов, а обусловлено разрешающей способностью геологических методов поисков, которые имеют ограниченную возможность визуализации искомым объектам как энергетических образований. Выявленные по геохимическим данным рудные объекты в ранге рудных полей, даже при ретроспективном анализе геологической обстановки, не поддерживаются конкретными геологическими объектами. Это означает, что традиционные теоретические представления о геолого-структурных критериях металлогенического районирования не соответствуют реальной действительности. Аналогичная ситуация имеет место по результатам структурно-геохимического моделирования рудообразующих систем на многих других объектах [1]. Причина кроется в ошибочном представлении о линейной связи, существующей между процессами общей трансформации земной коры и рудообразованием (ореолообразованием). Потоки рудообразующей энергии (во всем ее многообразии, в том числе, не оцененном современной наукой) «прошивают» геологический субстрат, не оставляя глазомерно визуализируемых следов, но отражаются в структуре геохимических полей. Физико-математические модели подобных процессов давно известны и широко используются во всех естественных науках, за исключением геологии. Такие процессы развиваются по законам самоорганизации [2, 3], признаки которой неоспоримо проявляются в нелинейной системе геохимических полей. К ним относятся — фрактальная структура иерархической системы рудных объектов, одномоментное формирование сопряженных объектов системы (рудное тело + рудная зона + рудное поле), единая структура концентрической зональности, необратимость процесса [1]. По этой причине решение обратных

задач, на которых и построены традиционные технологии поисков, не имеют должной эффективности.

Помимо прикладного результата, структурно-геохимическое моделирование позволяет оценить методические аспекты поисков по потокам рассеяния. Традиционные методы интерполяции и интерпретации данных по потокам рассеяния базируются на представлении об определяющей роли сноса минерализованного мелкозема с бортов долин. При этом ожидается плохо прогнозируемая дезинтеграция первичного ГП, значительное искажение его за счет ландшафтных обстановок и экзогенных преобразований минерального вещества. Однако представленный фактический материал демонстрирует сохранение структурных связей между полярно-зональными элементами даже на очень малых объектах в масштабе поисков. Следовательно, роль указанных выше факторов практически не влияет на структуру ГП, а мелкозем в ложе водотоков тесно коррелируется с коренными породами. Такая модель формирования потоков рассеяния позволяет по-иному интерполировать и интерпретировать исходные данные и применять различные способы машинной обработки, используя алгоритмы, приемлемые для работы с первичными ореолами.

Структурно-геохимическое моделирование позволяет кардинально повысить эффективность поисков рудных месторождений при значительном сокращении затрат и сроков проведения ГРР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григоров С.А. Нелинейная структура геохимического поля рудообразующей системы // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 8. — С. 50–54.
2. Бенуа Мандельброт. Фрактальная геометрия природы. — М.: Институт компьютерных технологий, 2002. — 656 с.
3. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. — М.: Прогресс, 1994. — 272 с.

© Григоров С.А., 2016

Григоров Сергей Александрович // grigorovrim@mail.ru

УДК 553.411(571.1)

**Колпаков В.В., Неволько П.А., Дульцев В.Ф.,
Фоминых П.А. (Институт геологии и минералогии СО РАН)**

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ ИСТОЧНИКАХ ПИТАНИЯ ЗОЛОТОНОСНОЙ РОССЫПИ Р. ФЕДОРОВКА (ГОРНАЯ ШОРИЯ)

*Россыпь р. Федоровка, из которой добыто около 11 т золота, известна с 1836 г. и является одной из богатейших в Сибири. Априори предполагается, что основной источник ее питания — расположенное в истоках реки Федоровское месторождение с крупным (50 масс. % Au > 1 мм) золотом, образующим локальные концентрации (бонанцы) в кварцевых рудах. Изучение самородного золота золото-сульфидно-кварцевого Лазаретного рудопроявления и аллювия бассейна р. Федоровка показало, что состав золота в россыпи соответствует составу золота бедных прожилково-вкрапленных руд «лазаретного» типа. **Ключевые слова:** золото самородное, золото россыпное, распределение пробности, оруденение штокверкового типа.*