

ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ
И КРИСТАЛЛОХИМИИ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

**ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ПРИ ПОИСКАХ
СКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ**

Москва — 1972 г.

АКАДЕМИЯ НАУК
СССР

МИНИСТЕРСТВО
ГЕОЛОГИИ
СССР

ИНСТИТУТ МИНЕРАЛОГИИ, ГЕОХИМИИ
И КРИСТАЛЛОХИМИИ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
МЕЖДУВЕДОМСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМЕ
«Научные основы геохимических методов поисков
месторождений полезных ископаемых»

ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ ПРИ ПОИСКАХ
СКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ

209

Москва 1972 г.



*Главный редактор
член-корреспондент АН СССР*

Л. Н. ОВЧИННИКОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Э. Н. БАРАНОВ, С. В. ГРИГОРЯН (зам. гл. редактора)
И. Н. РЕЗНИКОВ, Ю. Е. САЕТ, Е. М. ЯНИШЕВСКИЙ

ОТ РЕДАКЦИИ

В директивах XXIV съезда КПСС по девятому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР указывается: «Обеспечить в новом пятилетии... проведение исследований в области геологии, геофизики и геохимии для выявления закономерностей размещения полезных ископаемых, повышения эффективности методов их поиска, добычи и переработки».

В свете этих решений Центральная геохимическая экспедиция ИМГРЭ проводит исследования по разработке и внедрению в практику геологоразведочных работ геохимических методов поисков рудных месторождений.

Научная конференция, проводимая на тему «Разработка геохимических методов поисков рудных месторождений, состояние и дальнейшее направление работ», материалы которой публикуются в настоящем сборнике, посвящена двадцатилетнему юбилею ЦГЭ.

Центральная геохимическая экспедиция была образована на базе Централизованной поисково-ревизионной экспедиции треста «Союзредметразведка» Министерства цветной металлургии СССР, созданной в августе 1953 г. Она находилась в составе Геологоразведочного треста № 1 Министерства геологии и охраны недр СССР, с 1963 по 1966 год в системе Геолого-геохимического треста, где получила свое современное название и с 1966 года функционирует в составе Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов.

Материалы настоящего выпуска, отражающие работы экспедиции последнего десятилетия, включены в четыре раздела.

1. «Геохимические поиски по эндогенным (первичным) ореолам», где изложены методические основы поисков колчеданных, танталовых, оловянных, золотых, медно-никелевых, ртутных и контактово-метасоматических железорудных месторождений, не выходящих на современную эрозионную поверхность.

2. «Геохимические поиски по экзогенным ореолам»,

посвящен вопросам методики поисков скрытого и перекрытого оруденения на основе выявления, оценки и интерпретации экзогенных аномалий.

3. «Геохимические исследования при прогнозировании рудоносных площадей», отражающий роль и место геохимических методов на стадии геолого-съёмочных работ.

4. «Аналитические исследования, методика сбора и обработки геохимической информации» касается различных аспектов методики обработки результатов геохимического опробования, состояния и упорядочения геохимической терминологии и др.

Организаторы конференции выражают уверенность в том, что опубликованные материалы будут способствовать дальнейшему развитию, совершенствованию, широкому использованию геохимических методов в практике геологоразведочных работ и успешному решению различных геологических задач.

І. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ СКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПО ЭНДОГЕННЫМ (ПЕРВИЧНЫМ) ОРЕОЛАМ

С. В. ГРИГОРЯН, И. Н. РЕЗНИКОВ

О НЕКОТОРЫХ АКТУАЛЬНЫХ ВОПРОСАХ ИЗУЧЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРВИЧНЫХ ОРЕОЛОВ

Исследованиями последних лет установлено, что первичные геохимические ореолы являются эффективными признаками слепых рудных тел и месторождений гидротермального генезиса. Работами Центральной геохимической экспедиции, ИМГРЭ, а также геохимической экспедицией УГ СМ Таджикской ССР на значительном числе объектов, доказана высокая геологическая и экономическая эффективность использования закономерностей формирования первичных ореолов не только для обнаружения слепого оруденения, но и для оценки перспектив рудоносности на глубину рудопроявлений, где рудные тела выведены на дневную поверхность.

Результаты этих работ ставят в настоящее время на повестку дня широкое применение первичных ореолов при поисках и разведке рудных месторождений. Не будет преувеличением утверждать, что существующие масштабы практического применения первичных ореолов совершенно не отвечают потенциальным возможностям этой методики.

Одним из наиболее перспективных направлений практического применения рассматриваемой методики представляется широкое использование первичных ореолов при составлении прогнозных карт рудных районов и в первую очередь площадей, перекрытых аллохтонными отложениями значительной мощности. В последнем случае использование первичных ореолов резко повысит эффективность широкого площадного применения картировочного бурения по сравнительно редкой сети, рассчитанной на обнаружение значительных по площадному развитию первичных ореолов. В этих случаях приобретает особое значение использование суммированных ореолов, отличающихся от моноэлементных более значительными размерами, а также более стабильной зональностью.

Обеспечение высокой эффективности использования первичных ореолов при построении прогнозных карт различных масштабов требует безотлагательного решения одной из сложнейших задач практики геохимических поисков — задачи отличия зон рассеянной рудной минерализации (ЗРМ) от первичных ореолов, окаймляющих рудные тела промышленного значения. Актуальность этого вопроса станет очевидной, если учесть, что ЗРМ являются значительными по объемному развитию в пределах всех рудных районов без исключения. Отсутствие в настоящее время эффективных критериев разбраковки ЗРМ в значительной степени представляет собой результат однобокого развития исследований, направленных исключительно на изучение особенностей развития первичных ореолов вокруг промышленных рудных тел. Вот почему в настоящее время должны быть резко расширены работы по сравнительному и адекватному изучению особенностей как ореолов промышленного оруденения, так и в особенности различных типов ЗРМ с целью выявления их различий и разработки на этой основе соответствующих критериев их интерпретации.

Как показывают исследования, в решении этой чрезвычайно важной в практическом отношении задачи существенную помощь оказывает выяснение особенностей зонального распределения элементов в геохимических аномалиях. С. В. Григорьяном и Р. Г. Оганесяном, в частности, установлено, что в условиях Рудного Карамазара зоны рассеянной полиметаллической минерализации отличаются от ореолов промышленного оруденения слабоконтрастной зональностью, в ряде случаев практически полным отсутствием зональности (имеется в виду «осевая» зональность, развивающаяся по направлению движения рудоносных растворов). Создается впечатление, что контрастная зональность ореолов промышленного оруденения представляет собой результат своеобразного «стяжения» элементов и в первую очередь основных компонентов в рудные тела, представляющие собой, как правило, центры первичных ореолов, что подтверждает вывод Л. Н. Овчинникова и С. В. Григорьяна о действии центростремительного механизма формирования рудных тел в ореольном пространстве. В пределах ЗРМ из-за отсутствия благоприятных условий для локализации промышленного оруденения (структурных и др.) подобное стяжение, обусловленное резким нарушением внутреннего равновесия рудообразующего раствора, проявляется слабо и поэтому мы не наблюдаем резкой дифференциации элементов в пространстве.

Очевидно, что использование рассмотренного критерия для разбраковки ЗРМ требует изучения особенностей распределения элементов минимум по двум сечениям: В тех случаях, когда имеется только одно сечение (опробование на поверхности и т. д.), для интерпретации аномалий могут быть использованы количественные оценки зональности и, в частности, различные индикаторные отношения. Так, как установлено исследованиями, выполненными на ряде полиметаллических месторождений Рудного Карамазара,

ЗРМ на любом сечении (поперечном к направлению движения рудоносных растворов) характеризуются числовыми значениями отношений параметров частных аддитивных ореолов, отвечающими ореолам, развитым на уровне средних частей рудных тел промышленного значения. В то же время сечения ЗРМ, по величинам указанного индикаторного отношения адекватные уровню промышленного оруденения, лишены промышленных руд и, кроме того, отличаются низкими средними содержаниями основных рудообразующих элементов.

Рассмотренные выше данные представляют только первые результаты исследований, направленных на разработку критериев разбраковки ЗРМ. Безусловно, исследования в этом направлении должны быть резко расширены. Особенно перспективным в этой области представляется широкое привлечение математических методов и в первую очередь методов многомерных сравнений. Прежде всего необходимо выделение по геологическим условиям формирования различных типов ЗРМ, таких как аномалии, фиксирующие рудоподводящие структуры различного порядка и др.

Широкое использование в производственных масштабах первичных ореолов при геологоразведочных работах связано с отбором и обработкой огромного количества геохимических проб, анализируемых на широкий круг химических элементов. Своевременная обработка этой огромной цифровой информации немислима без широкого применения ЭВМ. Вот почему широкое внедрение математических методов и ЭВМ в практику геохимических работ является основным условием успешного развития этих работ. В этой области работы должны вестись в двух основных направлениях: а) оперативное составление специальных программ для машинной обработки геохимической информации по методам, уже разработанным; б) привлечение математических методов для разработки новых критериев интерпретации геохимических аномалий с последующим составлением машинных программ для наиболее эффективных из них.

Следует также отметить необходимость усиления теоретических исследований, включая и специальные эксперименты по моделированию природных процессов, с целью создания научно-обоснованной теории формирования первичных ореолов — основы геохимических поисков эндогенных рудных месторождений.

В заключение укажем на перспективность исследования первичных геохимических ореолов осадочных месторождений, также месторождений неясного и спорного генезиса. Использование в этой области методов и приемов, уже ставших традиционными при изучении первичных ореолов эндогенных, и в частности, гидротермальных месторождений, безусловно таит в себе большие потенциальные возможности как теоретического, так и в особенности практического характера.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПЕРВИЧНЫХ ОРЕОЛОВ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

В последние годы получен обширный материал по особенностям развития первичных геохимических ореолов различных месторождений гидротермального генезиса. Этими исследованиями доказана высокая эффективность использования первичных ореолов при поисках и разведке подобных месторождений, что поставило на повестку дня проведение аналогичных исследований на месторождениях других типов, в частности, на медно-никелевых месторождениях Кольского полуострова. Этот тип месторождений в настоящее время геохимически изучен недостаточно.

Первичные геохимические ореолы изучались на медно-никелевых месторождениях Печенгской рудной зоны. Рудовмещающие толщи представлены метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами протерозойского возраста, включающими несколько крупных покровов эффузивов основного состава, разделенных прослоями туфогенно-осадочных пород. В последних широко развиты дифференцированные интрузии основного-ультраосновного состава, с которым генетически связано сульфидное медно-никелевое оруденение.

Рудоносные дифференцированные интрузии, имеющие силлообразную форму, контролируются пологими межслоевыми разрывными нарушениями и зонами дробления.

В перидотитовых дифференциатах интрузивов обычны неправильные формы рудных тел вкрапленной текстуры, в то время как во вмещающих породах установлены жилы массивных и брекчиевых медно-никелевых руд.

Проведенными исследованиями в породах, вмещающих рудные тела, установлены аномальные концентрации никеля, кобальта, меди, хрома, цинка, серебра, бария, свинца, олова, молибдена, титана, ванадия (по данным приближенно-количественного спектрального анализа).

Зоны повышенных содержаний этих элементов во вмещающих породах носят линейный характер, распространяясь по восстанию рудоконтролирующей зоны в виде серии полос над дифференцированными интрузиями или параллельно их контактам. Мощность зон от первых метров до 150 м реже, более (в среднем) 20—40 м тогда как длина их превышает несколько сот метров.

Анализ распределения элементов показывает, что зоны повышенных концентраций во вмещающих породах, по крайней мере, некоторых элементов, тесно связаны с рудоносными интрузиями, в которых эти элементы имеют высокие содержания. Причем содержания уменьшаются по мере удаления от интрузии. К таким

элементам относятся никель, хром, кобальт, медь, цинк, серебро. Изучение участков аномальных содержаний указанных элементов во вмещающих интрузивы породах показывает, что в них, как правило, развиты сульфидная вкрапленность или кварц-карбонатные прожилки с сульфидами (халькопирит, пирротин, пентландит, пирит), т. е. те же минеральные формы, в которых эти элементы устанавливаются в рудоносных интрузиях и рудных телах.

Эти данные позволяют рассматривать выявленные нами аномальные поля в качестве первичных геохимических ореолов рудных тел, а элементы, их образующие — считать индикаторами медно-никелевого оруденения в изучавшемся рудном районе.

Первичные ореолы имеют зональное строение, которое выражается в постепенной смене областей относительного накопления элементов по восстанию рудоносных зон в следующей последовательности: кобальт, никель, медь, цинк, свинец, серебро, барий. Отмеченная зональность может быть использована для определения положения исследуемых сечений относительно рудных тел и, в частности, для установления уровня их эрозионного среза. Для этой цели обычно используются отношения продуктивностей ореолов пар элементов. Применительно к исследованным месторождениям более надежно использование мультипликативных отношений, поскольку парные отношения в силу чрезвычайной сложности строения моноэлементных ореолов характеризуются значительными флуктуациями.

В пределах рудоносных интрузий также устанавливается зональное распределение элементов, в общих чертах повторяющее рассмотренную выше зональность ореолов, отличаясь от нее меньшей стабильностью. Выявленные закономерности нуждаются в широкой практической проверке на месторождениях аналогичного типа в других районах и в серьезных теоретических исследованиях.

О. П. РАЗГОНОВ

ЗОНАЛЬНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ-ИНДИКАТОРОВ В РУДОНОСНЫХ ИНТРУЗИЯХ НОРИЛЬСКОГО РАЙОНА И ОКРУЖАЮЩИХ ИХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛАХ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ПОИСКАХ СУЛЬФИДНЫХ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД.

В Норильском районе выявлен и детально изучен ряд промышленных сульфидных медно-никелевых месторождений. В связи с быстрым развитием здесь металлургической промышленности Министерством цветной металлургии и геологии СССР была поставлена задача форсирования поисково-разведочных работ и вы-

явления новых месторождений с богатыми медно-никелевыми рудами. Необходимость расширения сырьевой базы требует проведения в Норильском районе исследований и по разработке геохимических методов поисков месторождений этого типа.

В результате работ, проведенных в 1968—1971 г.г. на Талнахском месторождении и трапповых интрузиях Западно-Пясинской площади, установлены следующие особенности распределения элементов-примесей в интрузиях и во вмещающих их породах:

1. В породах, вмещающих рудоносные интрузии, развиты значительные по размерам (по вертикали над интрузией свыше 500 м) геохимические ореолы основных рудных и сопутствующих им элементов (никель, медь, серебро, свинец и др.) и элементов, типоморфных для траппов (титан, ванадий, марганец, хром и др.). Ореолы окружают рудоносные интрузии. Около безрудных интрузий практически отсутствуют ореолы серебра, очень слабо проявлены ореолы меди, никеля, кобальта:

2. Локализация и морфология геохимических ореолов, образующихся около рудоносных интрузий, обусловлены структурно-литологическими особенностями вмещающих интрузию пород, главным образом, наличием крутопадающих разрывных нарушений, оперяющих Норильско-Караелакский разлом, и нарушений, сформировавшихся в результате просадки при становлении интрузии. Важную роль в распределении геохимических ореолов на выклинивании интрузий играют пологие разрывные нарушения на продолжении ослабленных зон, вмещающих эти интрузии.

3. Вертикальная зональность в строении геохимических ореолов обусловлена отчетливой дифференциацией элементов в вертикальном разрезе ореолов и может быть охарактеризована следующими рядами зонального распределения элементов (полученным по изменению величин отношений линейных продуктивностей ореолов отдельных элементов-индикаторов):

— в надинтрузивных ореолах (снизу вверх): хром — цинк — кобальт — никель — марганец — стронций — медь — ванадий — серебро — молибден — барий — свинец — титан — олово — цирконий;

— в подинтрузивных ореолах (сверху — вниз): хром — никель — медь — стронций — барий — титан — серебро — кобальт — марганец — молибден — олово — ванадий — свинец — цинк — цирконий.

Из сравнения полученных рядов явствует, что одни элементы (хром, никель, медь и др.) устойчиво накапливаются в ореолах преимущественно вблизи интрузии, другие (свинец, цирконий, олово и др.) на некотором удалении от нее, а третьи (цинк, титан и др.) распределяются в надинтрузивных и подинтрузивных ореолах резко отлично.

Характер распределения и концентрации ряда элементов в надинтрузивных и подинтрузивных ореолах различен: кобальт, мар-

ганец и некоторые другие элементы накапливаются преимущественно в надинтрузивном ореоле, а никель, медь, ванадий и другие — в подинтрузивном.

4. Горизонтальная зональность надинтрузивных геохимических ореолов, которая заключается в преимущественном накоплении легкоподвижных элементов (бария, стронция, циркония, серебра и др.) в ореолах вблизи прифронтальной части интрузии, а менее подвижных элементов (никеля, кобальта и др.) в ореолах около прикорневой и центральной частей интрузии.

В подинтрузивных ореолах серебро, кобальт и ряд других элементов наиболее интенсивно накапливаются под теми частями интрузии, в которых продуктивность этих элементов максимальна.

5. Вертикальная зональность распределения элементов-индикаторов в породах интрузии, которая характеризуется следующими рядами зонального распределения элементов (от элементов, накапливающихся в породах нижних горизонтов интрузии к элементам, тяготеющим к верхним дифференциатам):

— для интрузии в целом: никель — медь — серебро — кобальт — хром — свинец — цинк — олово — галлий — молибден — ванадий — цирконий — скандий — барий — титан — стронций — марганец;

— для прикорневой части интрузии: никель — медь — серебро — кобальт — хром — марганец — свинец — молибден — олово — цинк — титан — ванадий — галлий — барий — стронций — скандий — цирконий;

— для центральной части интрузии: медь — никель — серебро — кобальт — хром — свинец — молибден — олово — стронций — галлий — цинк — барий — ванадий — цирконий — титан — марганец;

— для прифронтальной части интрузии: никель — медь — серебро — кобальт — хром — олово — свинец — марганец — цирконий — молибден — цинк — галлий — скандий — барий — ванадий — стронций — титан.

Сравнение этих рядов показывает, с одной стороны, большое сходство в распределении многих элементов в различных частях интрузии (никель, медь, кобальт, серебро, хром и др.), а с другой стороны, зависимость места других элементов (марганец, цирконий и др.) в ряду вертикальной зональности от положения в интрузии (при корневой части, центральной и т. д.).

6. Горизонтальная зональность распределения элементов в породах интрузии, в целом, и в отдельных ее дифференциатах. По направлению от прикорневой части интрузии к прифронтальной она характеризуется следующими рядами зонального распределения элементов:

— в породах интрузии в целом: (молибден — серебро — медь — кобальт — хром — никель — цинк — марганец — ванадий — галлий — цирконий — титан — олово — свинец — скандий — стронций — барий);

— в горизонте безоливиновых и оливинсодержащих габбро-долеритов: (свинец, цинк, молибден) — (барий, стронций, галлий, цирконий, ванадий, олово) *;

— в горизонте оливиновых габбро-долеритов: (хром, кобальт, никель, молибден) — (свинец, серебро, цинк, медь) — (барий, стронций, олово, галлий);

— в горизонте пикритовых и такситовых габбро-долеритов: (хром, серебро, кобальт, никель) — (свинец, ванадий) — (олово, цирконий, барий).

7. Преимущественное накопление марганца и скандия в западной краевой части северо-восточной ветви Талнахской интрузии, расположенной вблизи Норильско-Хараевлахского разлома.

8. Сходство рядов вертикальной (низ — верх) и горизонтальной (прикорневые — прифронтальные части) зональности элементов в породах интрузии. Одним из возможных объяснений этого может служить сходство процессов дифференциации элементов в магматической колонне (следствие — горизонтальная зональность) и при внутрикамерном становлении интрузии (вертикальная зональность).

Установленные закономерности распределения элементов в интрузиях и окружающих их геохимических ореолах могут быть использованы для решения следующих практических задач:

1. Выявление и разбровка геохимических аномалий, связанных с рудоносными и практически безрудными ранговыми интрузиями, установление ориентировочной глубины эрозионного среза и положения его по отношению к интрузии (надинтрузивный или подинтрузивный), определение местоположения над интрузией (надприкорневой, прифронтальной ее частями).

2. Отличие рудоносных интрузий от практически безрудных по породам верхних дифференциатов. Породы верхних дифференциатов рудоносной интрузии заметно обогащены барием, цирконием, стронцием, галлием и др. и сравнительно обеднены хромом, никелем, кобальтом и др., тогда как в породах практически безрудных интрузий (Зап. Пясина) такая тенденция в распределении элементов проявлена значительно слабее.

3. Определение по единичному пересечению возможного положения вскрытой части интрузии, а по нескольким пересечениям интрузии — положения центральной (наиболее рудоносной) и краевой прифронтальной части интрузии.

Все это может оказать существенную помощь при проведении поисков и разведки и повысить эффективность буровых и горных работ.

Помимо практического применения выявленные закономерности могут быть использованы и для решения некоторых сложных вопросов генезиса сульфидных медно-никелевых месторождений.

* Дифференциация элементов внутри групп проявлена недостаточно отчетливо.

Характер проявления околотрузивных геохимических ореолов противоречит метасоматической теории происхождения дифференцированных интрузий и сингенетических руд, это же обстоятельство указывает на генетическую связь метасоматических медистых руд с рудоносными трапповыми интрузиями. Зональность распределения элементов в интрузии помогает установить направление движения магматического расплава и свидетельствует о важной роли регионального Норильско-Хараелахского разлома в формировании интрузии.

В. В. ШЕЛАГУРОВ, Л. Ф. ЦИМБАЛ

ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПОИСКОВ ТАНТАЛОВЫХ И БЕРИЛЛИЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С МЕТАСОМАТИЧЕСКИ ИЗМЕНЕННЫМИ ГРАНИТАМИ. (ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Забайкалье относится к полициклической редкометальной провинции, в пределах которой известны редкометальные месторождения различных генетических типов.

Авторами были изучены танталовые и бериллиево-вольфрамовые месторождения, генетически связанные с метасоматически измененными гранитами, с целью разработки методических основ геохимических поисков этих месторождений.

Эти месторождения располагаются, как правило, в определенных структурно-формационных зонах: складчатых областях послепротерозойского возраста, областях активизации или в местах их сопряжения, а также на стыках тектонических глыб, прослеживающихся по зонам разломов глубокого заложения. Их положение нередко контролируется пересечением разломов северо-восточного и северо-западного направлений.

Месторождения связаны с молодыми — юрскими гипабиссальными многофазными интрузиями гранитоидов кислого и субщелочного состава, поздние дифференциаты которых обогащены летучими компонентами и щелочами. Рудоносные граниты претерпели интенсивную метасоматическую переработку. Наиболее интенсивно процессы метасоматоза проявлены в апикальных и эндоконтактных частях интрузий, где и локализуются промышленные концентрации редких элементов. В связи с этим наибольший интерес при поисках должны представлять неэродированные гранитные массивы.

Вмещающие граниты терригенные породы алюмо-силикатного состава, как показали проведенные исследования, имеют значитель-

но более низкую эффективную пористость, чем граниты. Это доказывает, что они могли являться своеобразными экранами, способствовавшими концентрации редких элементов внутри интрузивных массивов.

Вмещающие алюмо-силикатные породы и лейкократовые граниты имеют резко различные значения удельных плотностей (Ляхов, Кадыров, 1964), что позволяет выявлять неэродированные гранитные купола по локальным отрицательным аномалиям силы тяжести.

Структурно-тектонические, магматические и геофизические критерии могут определять лишь перспективность района, не решая вопроса о наличии редкометального оруденения. Более конкретную информацию о присутствии последнего дают геохимические критерии, разделяемые нами на две группы: косвенные и прямые. К первым относятся: химизм гранитоидов — наиболее перспективны те, которые по величине коэффициента аргитности принадлежат к субщелочному ряду, в которых величины магний-литиевого и калий-рубидиевого отношений существенно ниже нормальных; обогащенность породообразующих и акцессорных минералов гранитоидов редкими элементами и специфический набор акцессорных минералов (ильменит — монацитовая ассоциация для танталоносных гранитов). Прямые геохимические критерии — это наличие геохимических и, в первую очередь, эндогенных ореолов, изучение которых позволяет не только установить перспективность площади на редкометальное оруденение, но также определить тип минерализации и дать предварительную оценку перспектив аномального участка.

Месторождения тантала, представленные массивами метасоматически измененных гранитов, сопровождаются во вмещающих породах эндогенными ореолами лития, рубидия, цезия, фтора, бериллия, олова, ниобия и свинца, т. е. элементов, характерных для самих редкометальных гранитов. Тантал ореолов не образует, в отличие от ниобия, фторокомплексные соединения которого имеют значительно большую растворимость, по сравнению с таковыми тантала.

В отличие от танталовых месторождений, вольфрамо-бериллиевое месторождение сопровождается во вмещающих граниты породах ореолами ограниченного числа элементов: лития, бериллия, вольфрама и олова. Это, очевидно, связано с различиями в характере и степени метасоматической переработки рудоносных гранитов. Если на танталовых месторождениях в гранитах проявились все стадии постмагматических изменений, включая позднюю послегрейзенную альбитизацию, то на вольфрамово-бериллиевом месторождении метасоматическая переработка гранитов закончилась стадией грейзенизации (Залашкова, 1963).

гранитов закончилась стадией грейзенизации (Залашкова, 1963).

Перечисленные элементы — индикаторы танталового и вольфрамобериллиевого оруденения, по данным В. В. Беренгиловой (1965, 1967 г.г.) образуют геохимические ореолы и в почвах, раз-

витых на месторождениях. При этом представительным горизонтом опробования является горизонт «В» для мерзлотно-таежных и лесостепных ландшафтов и горизонт «А» — для степных.

Элементы-индикаторы образуют вокруг изученных месторождений на поверхности контрастные и широкие комплексные ореолы. Их размеры по нормали к контакту интрузии обычно составляют 200 и более метров. Для фтора, лития, рубидия и бериллия характерны максимальные ореолы, для ниобия, свинца, вольфрама — минимальные. В более проницаемых породах интенсивность и протяженность ореолов, как правило, возрастает. Ореолы, повторяя в целом форму рудоносных массивов, смещаются в сторону пологих контактов интрузий, вытягиваются по разрывным нарушениям и по простираанию пород, что необходимо учитывать при поисках, принимая во внимание возможность смещения контуров эндогенного ореола на поверхности относительно рудоносного массива, залегающего на глубине.

В эндогенных ореолах, также как и в рудоносных массивах, установлена четкая корреляционная зависимость между основными типоморфными элементами. В пределах фоновых полей подобные корреляционные связи практически отсутствуют. Для эндогенных ореолов характерны высокие вероятности (до 99%) появления высокоаномальных, выделяемых с 5% уровнем значимости, содержаний основных типоморфных элементов. В фоновых выборках эти вероятности обычно не превышают первых процентов.

Элементы-индикаторы в эндогенных ореолах танталовых и вольфрамово-бериллиевых месторождений присутствуют как в форме собственных минералов, так и в виде примесей в других минералах. При этом, если в экзоконтактных ореолах основной формой нахождения большинства элементов-индикаторов, являются собственные минералы, то для внешних частей ореолов характерна неминеральная форма. В связи с этим эндогенные ореолы скрытых рудоносных гранитных массивов, очевидно, могут быть установлены только аналитическими методами.

Таким образом, критериями оценки геохимических аномалий являются: 1) элементный состав, определяющий тип минерализации; 2) наличие комплексных ореолов элементов-индикаторов, в которых устанавливаются высокие вероятности появления аномальных содержаний и между элементами существуют четкие корреляционные связи; 3) характер распределения типоморфных элементов, позволяющий определить уровень эрозионного среза ореола. Необходимо подчеркнуть, что эффективное применение метода поисков редкометальных месторождений, позволяющее выделять перспективные площади, оценивать перспективы геофизических (гравиметрических) и геохимических (металлометрических) аномалий, дифференцировать рудоносные и нерудоносные интрузии, проводить поиски скрытых интрузий с редкометальным оруденением, возможно лишь на основе комплексного использования рассмотренных выше критериев.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ТАНТАЛОНОСНОСТИ ОДНОГО ИЗ МАССИВОВ МЕТАСОМАТИЧЕСКИ ИЗМЕНЕННЫХ ГРАНИТОВ СИБИРИ

Массив в различной степени грейзенизированных и альбитизированных пород представлен довольно мощным телом (штоком), залегающим среди средне- и мелкозернистых и биотитовых гранитов и гранодиоритов нижнемелового возраста. В районе отмечают также верхнемеловые крупнозернистые двухслюдяные граниты.

Шток имеет серпообразную форму и ориентирован в северо-западном и северо-восточном направлениях. Мощность его на всем его протяжении крайне неравномерная: от 150—200 м в юго-восточной части и 100 м в северо-восточной, до 600—650 м в центральной.

Морфология данного штока слюдисто-кварц-полевошпатовых пород, как и многочисленных более мелких тел того же состава, широко распространенных в районе, определяется трещинной тектоникой. Выделяются два морфологических типа тел: штокообразные тела и дайки. Описываемый шток, приурочен к месту пересечения северо-восточной и северо-западной тектонических зон, являющихся, по-видимому, оперяющимися структурами субмеридионального глубинного разлома.

Вмещающие кварц-полевошпатовые тела гранитоиды и роговики интенсивно грейзенизированы. Тела слюдисто-кварц-полевошпатовых пород секут и изменяют не только вмещающие гранитоиды и роговики, но и все жильные и гидротермальные производные магматических пород нижнего мела, являясь как и крупнозернистые двухслюдяные граниты самыми молодыми гранитоидными образованиями в районе. геологические взаимоотношения кварц-полевошпатовых пород и двухслюдяных гранитов остаются пока не совсем ясными, но геохимические и геохронологические данные позволяют отнести обе разности к единому верхнемеловому (88—90 млн. лет) магматическому комплексу. По нашим представлениям слюдисто-полевошпатовые породы являются поздними ультракислыми дифференциатами крупнозернистых гранитов.

В пределах изученного штока выделяются следующие четыре группы пород: 1. Мусковит (лепидолит) — калишпат-альбитовые породы, 2. Лепидолит (мусковит) — калишпат-кварц-альбитовые породы, 3. Лепидолит-альбит-кварцевые породы, 4. Лепидолит-кварцевые грейзены.

Все выделяемые разности пород закономерно сменяют друг друга с востока на запад, с более низких гипсометрических уровней к более высоким, отражая тем самым в плане вертикальную метасоматическую зональность (снизу вверх):

I. Мусковит (лепидолит) — калишпат-альбитовые породы.

II—III. Лепидолит (мусковит) — калишпат-альбит-кварцевые породы.

IV. Лепидолит-кварцевый грейзен.

Изученные в пределах штока породы (кроме грейзенов) по своему качественному минералогическому составу очень близки между собой, отличаясь, в основном, только по структуре и количественным соотношениям минералов. Намечается следующая последовательность выделения минералов в породах (от ранних к поздним): альбит-олигоклаз — калиевый полевой шпат — альбит — кварц. В метасоматически измененных породах штока встречаются также в разных количествах слюды (мусковит и лепидолит), амблигонит, топаз, флюоцерит, турмалин, касситерит, варломофит и др.) всего обнаружено около 100 минералов. Образование основной массы этих минералов происходило после альбита, но до выделения или перекристаллизации кварца.

209
Описываемые породы массива представляют единый ряд генетически связанных пород, измененных в различной степени процессами метасоматической переработки (альбитизацией, грейзенизацией и окварцеванием). В ряду мусковит (лепидолит) — калишпат-альбитовая порода — лепидолит (мусковит)-калишпат-кварц-альбитовая порода — лепидолит-альбит-кварцевая порода отмечается последовательное и закономерное увеличение содержаний кварца, касситерита, литиевых слюд, амблигонита, топаза и уменьшение содержаний полевых шпатов и колумбита. В этом же ряду наблюдается соответственное увеличение содержаний кремнезема, олова, фосфора и фтора при довольно резком уменьшении содержаний натрия, калия, общего алюминия (количество свободного алюминия увеличивается), рубидия и цезия.

При образовании лепидолит-кварцевых грейзенов, являющихся конечными продуктами метасоматического преобразования пород штока, происходит привнос кремния, олова и фтора и вынос всех остальных элементов. Характерно, что содержания тантала (близкие к промышленным) в отличие от олова и других элементов почти не зависят от характера и степени изменения пород. Содержание же олова теснейшим образом связаны с процессами окварцевания пород. В участках развития лепидолит-топаз-кварцевых грейзенов, приуроченных к висячей эндоконтактной части штока, отмечаются максимальные концентрации олова.

Таким образом, в процессе метасоматического преобразования пород (от слабой грейзенизации до интенсивного окварцевания) происходит резкое накопление олова при почти постоянном содержании тантала. Отношения тантала к олову по мере развития метасоматоза меняются от 1:3—1:5 в слабо грейзенизированных породах до 1:30—1:100 в интенсивно окварцованных разностях. Установлено, что в относительно слабо измененных породах основная масса тантала (50—75%) связана с колумбитом, а в интенсивно окварцованных породах — с касситеритом (около 70%). Следо-

вательно, описываемый массив в целом, независимо от интенсивности развития метасоматической переработки его пород, представляет значительный интерес для поисков месторождений тантала. Не исключено, что за пределами контура промышленных оловянных руд среди сравнительно слабо измененных пород, где тантал в основном связан с колумбитом, могут быть обнаружены интересные в практическом отношении участки с особенно танталовой минерализацией. Выявление этих участков является весьма важной и актуальной задачей геологоразведочных работ.

О. С. КЛЮЕВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРВИЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ ПРИ ТИПИЗАЦИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕРИЛЛИЯ).

Одной из главных задач при прогнозировании и поисках эндогенных рудных месторождений является установление их характерных диагностических признаков, использование которых позволяет обосновано выделять наиболее значимые в промышленном отношении рудные формации.

Исходя из запросов практики, в частности, при изучении бериллиеносных образований может стоять задача определения их принадлежности к высокотемпературным грейзеновым формациям либо к собственно гидротермальным среднетемпературным формациям, наиболее продуктивным по бериллию.

Имеющийся опыт геохимического изучения месторождений бериллия различных генетических типов показывает, что при типизации бериллиеносных формаций могут быть эффективно использованы параметры эндогенных геохимических ореолов. Последние в формализованном виде отражают изменения в элементном составе ореолов, а также характере постмагматических процессов, сопутствующих оруденению.

В ореолах бериллиевых месторождений, как грейзеновых, так и гидротермальных отчетливо проявлены различные стадии минерализации, закономерно развивавшихся на фоне интенсивных метасоматических изменений рудоносных гранитоидных интрузий и породах их кровли. Все это обусловило сложный многокомпонентный состав геохимических ореолов. Помимо бериллия контрастные ореолы образуют петрогенные элементы (калий, натрий), редкие щелочи (литий, рубидий), галогены (фтор, бор), рудообразующие и сопутствующие им элементы — молибден, вольфрам, олово, висмут, цинт, свинец, медь, редкие земли и другие элементы.

Все элементы комплексных ореолов различных типов месторождения бериллия, могут быть разделены на три группы:

а) группа «сквозных» элементов-индикаторов бериллиевого оруденения, образующих ореолы на месторождениях бериллия обоих классов. К ним относятся: щелочные металлы, фтор, бериллий, олово, молибден, цинк, свинец, медь.

б) группа элементов типоморфных для ореолов высокотемпературных грейзеновых месторождений — вольфрам и висмут.

в) элементы типоморфные для собственно гидротермальных месторождений — редкоземельные элементы.

Использование особенностей строения первичных геохимических ореолов, помимо чисто качественной характеристики, учитывающей изменения элементного состава, позволяет обосновать формационные признаки классов бериллиевых месторождений на количественной основе.

Предлагаемый метод выявления классификационных признаков месторождений основан на учете изменения удельной роли каждого компонента, входящего в состав ореола. Количественной оценкой ее является отношение величин частных линейных продуктивностей к суммарной продуктивности комплексного ореола. Указанный подход обеспечивает единообразие и сопоставимость используемых статистических признаков по каждому из рассматриваемых типов месторождений.

Анализ изменения числовых характеристик, касающихся удельной роли каждого элемента в ореолах устанавливает их устойчивую фторбериллиевую специализацию в ассоциации элементов — фтор, литий, бериллий, молибден, олово, вольфрам, висмут, свинец, цинк, медь, редкие земли, причем доля фтора в ореолах, независимо от рассматриваемого типа месторождений остается постоянной (87—94%). Поведение бериллия также достаточно стабильное.

С другой стороны, при переходе от высокотемпературных грейзеновых месторождений к собственно гидротермальным образованиям, в геохимических ореолах заметно уменьшается доля лития (соответственно от 50—70% до 10—20%), что отражает, очевидно, резкое падение интенсивности процесса грейзенизации при формировании среднетемпературных месторождений. В противоположность литию закономерно и весьма существенно (от 6—12% до 30—50%) возрастает удельная роль свинца в ореолах, что не противоречит установленному факту увеличения в гидротермальных образованиях роли сульфидов.

Для суждения о принадлежности бериллиеносных образований к классу высокотемпературных либо среднетемпературных формаций может быть использован коэффициент (K_{ϕ}), учитывающий распределение в ореолах бериллиевых месторождений фтора, лития и свинца, являющихся наиболее надежными индикаторами формационной принадлежности.

Расчетная формула этого коэффициента имеет следующий вид:

$$K_{\phi} = \frac{P_F \times P_{Li}}{P_{Pb}^2}; \text{ где}$$

K_{ϕ} — коэффициент формационной принадлежности; P — линейная продуктивность ореола.

Расчеты показывают, что в случае высокотемпературных месторождений величина коэффициента K_{ϕ} колеблется в пределах 100.п—1000.п для среднетемпературных п — 10.п.

Рассмотренный пример типизации бериллиевых месторождений указывает на высокую информативность первичных геохимических ореолов, что определяет целесообразность их широкого использования при формационном анализе разного типа рудных месторождений и обосновании поисковых критериев.

Г. Я. АБРАМСОН, С. В. ГРИГОРЯН

О ПОЛИФОРМАЦИОННЫХ ОРЕОЛАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТЫРНЫАУЗ

На месторождении Тырнауз эндогенное оруденение представлено двумя типами: кварц-молибденитовым и шеелит-молибденитовым, наложенными на скарны, развитые в мраморах и терригенно-осадочных породах.

В результате обработки данных геохимического опробования вокруг рудных тел месторождения были установлены первичные ореолы широкого круга химических элементов. Не вызывает сомнения полиформационный характер ореолов, выражающийся в наложении ореолов двух типов оруденения — шеелит-молибденитового и кварц-молибденитового, которые, по всей вероятности, представляют собой результат проявления двух самостоятельных этапов минерализации.

Полиформационная природа ореолов доказывается отсутствием закономерностей зональности в распределении элементов-индикаторов, типоморфных для каждого из типов оруденения, пространственной разобщенностью эпицентров ореолов этих элементов, а также специфическими корреляционными связями содежаний элементов в ореолах.

Сравнительное изучение особенностей распределения элементов вокруг различных по составу рудных тел позволило установить элементы-индикаторы скарново-шеелитового (вольфрам, молибден, олово, висмут, барий и др.) и кварц-молибденитового оруденения (молибден, вольфрам, мышьяк, сурьма, барий и др.).

В строении первичных ореолов проявляется геохимическая зональность, обусловленная (для шеелит-молибденитового оруденения) накоплением в верхних частях одних элементов (Ba и др.), в средних и нижних частях — других элементов (Mo, W, Sn и др.).

Выдержанную зональность в распределении элементов удается выявить только в ореолах, развитых вокруг более или менее изолированных в пространстве рудных тел. Для ореолов скарново-шеелитового оруденения характерным индикатором надрудных сечений является барий, с глубиной происходит усиление ореолов молибдена, вольфрама и олова.

Особенности распределения первичных ореолов кварц-молибденитового оруденения наиболее полно изучены вокруг штокверкового тела, где с глубиной происходит выклинивание ореолов бария, сурьмы, мышьяка, сопровождаемое отчетливым усилением ореолов молибдена и вольфрама.

Особенности развития первичных ореолов были использованы для оценки перспектив рудоносности ряда участков. В частности, по результатам геохимического опробования коренных пород глубокие горизонты Северного участка признаны перспективными на вольфрам. Юго-западный и северо-восточные фланги этого участка также рекомендованы к разведке как перспективные на промышленное молибденовое оруденение. Эти рекомендации приняты к проверке горными работами.

Г. П. ПАВЛОВ, Ю. М. ФОМИНОВ

ЭНДОГЕННЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОРЕОЛЫ КОНТАКТОВО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗА НА УРАЛЕ И ИХ ПОИСКОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Эндогенные геохимические ореолы контактово-метасоматических месторождений железа изучались на Высокогорском, Лебяжинском, Южно-Лебяжинском, Благодатском месторождениях на Среднем Урале, Теченском, Магнитогорском, Березки на Южном Урале.

Установлено, что месторождения сопровождаются ореолами выноса и накопления широкого круга элементов: титана, ванадия, хрома, марганца, кобальта, никеля, бора, бария, стронция, цинка, меди, свинца, серебра, олова, молибдена, иттрия, циркония, скандия, фосфора и др. Морфология и особенности строения ореолов контролируются теми же факторами, которые определяют пространственное положение и форму рудных тел. Наиболее благоприят-

ными структурами для распространения ореолов являются зоны тектонических нарушений, повышенной трещиноватости, контакты различных геологических образований.

Ореолы в плане и вертикальном разрезе в несколько раз превышают размеры рудных тел. Ширина ореолов достигает сотен метров (Высокогорское, Теченское, Лебяжинское и др.), а протяженность в надрудном пространстве по восстанию рудоконтролирующих структур — многих сотен метров (до 1000 м на Южно-Лебяжинском месторождении).

Выявлена значительная дифференциация широко развитых на месторождениях метасоматитов различного типа и руд по комплексу накопления и выноса элементов (см. табл., подчеркнуты элементы, наиболее характерные для данного типа пород).

Типы метасоматических образований	Накопление	Вынос
Кварцево-полевошпатовые породы (роговики)	стронций, никель, барий, молибден, свинец	марганец, титан, кобальт, цинк, олово, ванадий, медь, иттрий,
Известковистые скарны	марганец, олово, германий	титан, бор, барий, стронций, ванадий, хром, кобальт, иттрий, цирконий, молибден
Магнетитовые руды	цинк, кобальт, медь, молибден, никель, иттрий ванадий	титан, олово, германий, стронций, барий, цирконий

Элементы, выносимые при образования метасоматитов и руд, обычно накапливаются на некотором удалении от них. Так, вынос из зоны рудоотложения и сопряженное с ним накопление по восстанию зоны титана, скандия, бора, бария и стронция зафиксировано на Лебяжинском месторождении. На Южно-Лебяжинском месторождении контрастные ореолы выноса на участке развития скарнов образуют бор, барий, стронций, соответственно контрастные и широкие ореолы накопления этих же элементов установлены по периферии скарновой зоны.

Следует отметить значительную дифференциацию в степени связи отдельных элементов с метасоматитами и рудами на разных месторождениях. В одних случаях их связи с метасоматическими образования различного типа на всех месторождениях устойчивы, а в других — значительно варьируют. Такие элементы, как цинк, марганец, титан, кобальт, барий, стронций практически на всех изученных месторождениях ведут себя однозначно, что повышает их значение как элементов-индикаторов при поисках контактово-метасоматических месторождений железа. Ряд элементов (никель,

свинец, молибден, олово, ванадий, хром) не всегда проявляют четкие связи с метасоматитами того или иного типа и рудами.

Метасоматиты и магнетитовые руды контактово-метасоматических месторождений представляют собой продукты единого гидротермального процесса, но формируются они последовательно в течение ряда стадий в соответствии с изменением физико-химических условий минералообразования. Образованиям каждой стадии соответствует свой комплекс характерных элементов-индикаторов, что выражается в возникновении ореолов накопления и выноса определенных элементов (см. табл.). Ореолы поздних стадий пространственно накладываются на ореолы предшествующих и в результате этого общий ореол магнетитового месторождения представляет собой сложное сочетание ореолов отдельных составляющих рудно-метасоматической зоны (кварцево-полевошпатовых роговиков, скарнов, магнетитовых руд).

Ореолы всех изученных месторождений характеризуются довольно устойчивым комплексом элементов. Однако, интенсивность и масштабы проявления ореолов отдельных элементов в пределах разных рудных полей, а также на разных месторождениях одного и того же рудного поля, несколько различны. Так, в пределах Магнитогорского рудного поля для ореолов характерно постоянное присутствие германия и серебра. В ореолах месторождений Тагило-Кувшинского района германий устанавливается крайне редко, серебро образует узкие слабоконтрастные ореолы, но здесь более широко и интенсивно, чем в Магнитогорском рудном поле, проявлены ореолы марганца. Отмеченные различия не нарушают общность элементного состава и основных особенностей строения эндогенных геохимических ореолов железорудных месторождений Урала.

Их общими характерными особенностями являются:

1. Многоэлементный состав и сложное строение, обусловленное наличием ореолов выноса и накопления большинства элементов.

2. Пространственное сопряжение ореолов выноса и накопления отдельных элементов. Ореолы выноса обычно приурочены к зонам образования метасоматитов и руд, а ореолы накопления устанавливаются за их пределами, преимущественно по восстанию рудно-метасоматических зон.

3. Вертикальная зональность общего ореола, которая выражается в следующем: а) ореолы бора, бария, стронция, титана, серебра, свинца, цинка, никеля характерны для надрудных сечений; б) ореолы меди, марганца, олова, германия развиты непосредственно над рудными телами и в) на уровне рудных тел преобладающим развитием пользуются ореолы меди и молибдена.

Отмеченные особенности ореолов могут быть положены в основу использования геохимического метода при поисках глубокозалегающих железорудных месторождений контактово-метасомати-

ческого типа. Глубинность геохимических поисков скрытого оруденения данного типа по эндогенным ореолам достигает 1000 м. Геохимические критерии должны привлекаться как дополнительные для установления рудной природы геофизических аномалий, связанных с глубокозалегающими рудными телами.

В. В. РЯБОВ

ПЕРВИЧНЫЕ ОРЕОЛЫ ЮЖНО-ЛЕБЯЖИНСКОГО СКАРНОВО-МАГНЕТИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Исследованиями Л. В. Овчинниковой выявлена сложная история формирования рассматриваемого месторождения.

Вулканогенные породы на месторождении прорваны сиенитами. В эндоконтактовой части сиенитового массива проходит серия крутопадающих разрывных нарушений, контролирующих гидротермально-метасоматические преобразования и рудные тела. Магнетитовая залежь находится на глубине более 1 км, а скарновая зона уходит вверх от рудного тела на 450—500 м.

На месторождении развито несколько последовательно образующихся минеральных ассоциаций, отлагавшихся из единого потока раствора по мере изменения физико-химических условий процесса.

Изучение распределения микроэлементов в пределах развития минеральных ассоциаций методом приближенно-количественного спектрального анализа показало, что каждая из них характеризуется определенным комплексом элементов-индикаторов.

При сравнении геохимических спектров наиболее ранних ассоциаций щелочных полевошпатовых метасоматитов и слабоизмененных первичных пород обнаруживается обеднение метасоматитов ванадием, марганцем, кобальтом и рядом других микроэлементов. Однако геохимические особенности этого процесса в настоящее время недостаточно изучены.

Наиболее четко выявляются комплексы элементов, характеризующих процессы скарно- и рудообразования. Формированию зон гранатовых и пироксен-гранатовых скарнов сопутствует привнос марганца, олова, германия. Вместе с тем большая группа элементов, в частности, барий, стронций, бор, фосфор, ванадий, ртуть, в скарновых зонах находится в концентрациях, значительно уступающих фоновым, образуя отчетливые ореолы выноса. Для этих элементов ореолы накопления устанавливаются преимущественно за пределами скарновых зон.

Так как максимумы концентраций микроэлементов не совпа-

дают, выявляется зональное строение ореола. На наибольшее расстояние от рудного тела и верхов скарновой зоны удалены ртуть и бор (соответственно на 1200 и 500 м), а менее всего стронций. Ряд зональности имеет следующий вид: ртуть — бор — ванадий — бериллий — стронций — марганец — олово.

Главной особенностью этого процесса является формирование сопряженных ореолов выноса и накопления в результате выщелачивания микроэлементов из зон скарнообразования и отложения их во вмещающих породах.

При образовании магнетитовых залежей основное значение приобретают ореолы накопления за счет привноса микроэлементов рудообразующими растворами. Рудные тела сопровождаются ореолами марганца, кобальта, никеля, цинка, серебра, свинца, меди, молибдена, олова, хрома.

Изучение распределения этих элементов приводит к ряду зональности, в целом совпадающему с рядом, установленным Л. Н. Овчинниковым и С. В. Григорьяном на основании исследования первичных ореолов сульфидных месторождений.

Таким образом, анализ поведения элементов указывает на сложность формирования геохимических ореолов скарново-магнетитовых месторождений. Вместе с тем, возникновение интенсивных геохимических ореолов на значительном удалении от скарновых тел создает хорошие предпосылки для их поисков. Рудоносность вскрытых скарновых полей может быть оценена путем изучения распределения элементов-индикаторов магнетитового оруденения. Особенности распределения микроэлементов в скарново-рудных зонах могут быть использованы также для определения уровня эрозионного среза и оценки слабых магнитных аномалий.

**Э. Н. БАРАНОВ, А. И. ГОЛОД, В. Н. ЛАЗАРЕВ,
И. А. ПУРИК, В. М. РЫФТИН**

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ЛИТОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ СКРЫТЫХ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В результате опытно-методических геохимических исследований, начатых в 1963 г. на колчеданных месторождениях Кавказа и продолженных в дальнейшем на месторождениях Урала и Рудного Алтая, выявлены элементный состав, размеры, морфология, закономерности строения и другие особенности эндогенных геохимических ореолов колчеданных месторождений. При этом установлена определенная общность состава, зонального строения и других особенностей ореолов месторождений Кавказа, Урала и Руд-

ного Алтая, что позволило сделать вывод о возможности единого методического подхода к геохимическим поискам скрытого колчеданного оруденения в различных рудных провинциях.

Глубинность геохимического метода поисков скрытых колчеданных месторождений по эндогенным ореолам, в принципе, определяется глубиной их формирования. Для субвулканических колчеданных месторождений она, обычно, превышает 300 м, достигая 1 км. Возможность геохимических поисков скрытых вулканогенно-осадочных колчеданных месторождений определяется масштабами проявления в надрудных толщах эпигенетических ореолов, образующихся в результате регенерации вещества рудных тел.

Для колчеданного оруденения гидротермального субвулканического типа по особенностям состава и другим параметрам эндогенных геохимических ореолов можно установить минеральный тип колчеданного оруденения (серноколчеданный, медноколчеданный, колчеданно-полиметаллический) и уровень пересечения, в частном случае эрозионного среза, ореола (надрудный или подрудный) (см. табл.).

Для эффективного использования геохимических критериев при поисках скрытого колчеданного оруденения гидротермального субвулканического типа необходимо знание геолого-структурных условий локализации ореолов. В зависимости от последних выделяются различные структурно-морфологические типы ореолов: 1) в пологозалегающих (обычно согласных), 2) в крутопадающих, 3) в комбинированных структурах; в зависимости от проницаемости надрудных толщ — а) сквозные (открытые) и б) экранированные (закрытые) ореолы.

Учитывая структурно-морфологический тип ореолов и градиент показателей их вертикальной зональности, возможно определить глубину залегания предполагаемых рудных тел, а в определенных благоприятных условиях также и прогнозировать масштабы скрытого оруденения. Но удовлетворительное решение этих задач требует дальнейших методических разработок.

Изучение эндогенных ореолов на уровне эрозионной поверхности позволяет уверенно выделять в перспективных районах локальные рудоносные площади с проявлениями скрытого колчеданного оруденения на глубинах 300 м и глубже. Поэтому анализ материалов по геохимическим аномалиям с учетом установленных критериев их оценки должен стать обязательным элементом прогнозно-металлогенических исследований колчеданных рудных районов.

Экзогенные геохимические ореолы в рыхлых отложениях и почвах пространственно и генетически тесно связаны с «исходными» эндогенными ореолами. Поэтому при их интерпретации могут быть использованы закономерности распределения элементов-индикаторов в эндогенных ореолах (с учетом корректив, обусловленных гипергенным перераспределением элементов).

Высокая эффективность геохимических поисков скрытого колче-

Основные особенности состава эндогенных
геохимических ореолов колчеданных месторождений

Типы месторождений	Серноколчеданные	Медноколчеданные	Колчеданно-полиметаллические и полиметаллические	Барит-полиметаллические
Типоморфные ассоциации элементов-индикаторов	кобальт, молибден	медь, цинк, молибден, кобальт	цинк, свинец, барий	барий, свинец, цинк, серебро
Элементы-индикаторы <u>надрудных</u> <u>подрудных</u> зон	<u>медь, цинк, свинец,</u> <u>молибден</u>	<u>цинк, свинец, барий</u> <u>молибден, кобальт,</u> <u>висмут</u>	<u>цинк свинец, серебро,</u> <u>барий</u> <u>молибден, кобальт, медь,</u> <u>висмут</u>	<u>свинец, серебро, кадмий,</u> <u>барий</u> <u>молибден, кобальт, медь,</u> <u>висмут, мышьяк</u>
K_z — <u>надрудных</u> <u>подрудных</u> зон	$\frac{0,2 - 2}{0,01 - 0,2}$	$\frac{0,5 - 20}{0,05 - 0,2}$	$\frac{2 - 35}{0,1 - 0,5}$	$\frac{2 - 100}{0,3 - 2}$
Примеры:	Андреевское, Зюзельское, Сабановское, Урал	Маднеульское, Шамлугское, Кавказ, Красногвардейское, Заводское, им. III Интернационала, Озерное, Молодежное,	Александровское, Джусинское, Урал, Золотушинске, Лениногорское, Орловское, Рудный Алтай	Ахталское, Кавказ, Заречное, Петровское, Рудный Алтай

Примечание: K_z (коэффициент зональности) $\frac{K_a \text{ цинка} + K_a \text{ свинца}}{K_a \text{ меди} + K_a \text{ кобальта}}$, где $K_a = \frac{C_a}{C_f}$

данного оруденения на основе разработанных методических положений уже доказана в Мандеульско-Поладаурской рудной зоне (Южная Грузия) и в Молодежном районе (Южный Урал), где на рекомендованных участках установлены скрытые рудные тела.

При достигнутом уровне разработки методики геохимических поисков скрытого колчеданного оруденения остаются пока слабо разработанными вопросы геохимических поисков скрытых колчеданных месторождений вулканогенно-осадочного типа (особенно в связи с возможностью формирования около таких месторождений полигенных и полихронных геохимических ореолов), а также принципы применения геохимических методов при прогнозной оценке районов, сложенных вулканогенными толщами, на колчеданное оруденение. Поэтому особого внимания требует разработка геохимических критериев потенциальной колчеданной рудоносности вулканогенных формаций.

В. М. РЫФТИН

ЗОНАЛЬНОСТЬ ОКОЛУРУДНЫХ ОРЕОЛОВ ГАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ЕЕ ПОИСКОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Гайское месторождение, являющееся типичным представителем гидротермально-метасоматических колчеданных месторождений, приурочено к крупной вулканокупольной структуре, сложенной породами ниже-среднедевонского возраста. В осевой части постройки прослеживается многожерловая зона, контролируемая разрывными нарушениями, насыщенная субвулканическими телами различного состава и возраста и вмещающая рудные залежи месторождения. Детальная разведанность месторождения позволила охарактеризовать основные параметры сложнопостроенной объемной фигуры эндогенного ореола.

Установлено, что в рудовмещающих породах месторождения широко и интенсивно проявились процессы околорудных изменений, что привело к формированию ореола метасоматитов и гидротермально измененных пород и сопряженного с ним эндогенного геохимического ореола, охватывающих всю Гайскую вулканическую постройку. Их протяженность в плане достигает 5,5—6,0 км при ширине до 1,5 км; над рудными телами эндогенные ореолы прослежены на расстоянии до 1 км. Реконструированная вертикальная протяженность эндогенных геохимических ореолов превышает 2,5 км.

В строении ореола измененных пород выявлена следующая на-

правленная зональность (от тыловых зон к фронтальным): в центральной части метасоматиты — 1) вторичные кварциты, 2) кварц-серицитовые и серицит-кварцевые породы; 3) хлорит-серицит-кварцевые и хлоритовые породы; во внешних зонах гидротермально измененные породы — 4) альбитизированные и эпидотизированные, 5) гематитизированные, 6) карбонатизированные. Указанная зональность ассиметрична по отношению к рудным залежам — обычно метасоматиты развиты в лежащем боку, а гидротермально измененные породы — в висячем боку рудных тел. Принадлежность метасоматитов различного состава и гидротермально измененных пород к единому метасоматическому процессу подтверждается закономерным изменением калий-натрового отношения: от 5—10 и более во внутренних до 0,5—0,1 и менее во внешних зонах ореола.

В строении общего эндогенного геохимического ореола (по поперечным вертикальным сечениям) установлена также четкая направленная зональность, проявлениями которой является вертикальная (продольная) и горизонтальная (поперечная) зональность ореола. Она выражается в преимущественном накоплении цинка, свинца, серебра, бария, мышьяка, ртути и йода во внешней зоне как в надрудных сечениях, так и на уровне рудных тел, а кобальта и молибдена — в подрудных частях внутренней зоны. Медь имеет «сквозное» распространение, широко рассеиваясь во внешних и внутренних зонах ореолов.

По составу эндогенных ореолов на уровне поверхности палеозойских пород по простирацию рудовмещающей зоны выделяется три блока: 1) Северный — с ореолами цинкового и медно-цинкового состава; 2) северная часть Промежуточного блока с ореолами кобальт-молибденового состава и 3) южная часть Промежуточного блока с ореолами наиболее полного комплексного состава. Различие в составе ореолов по границам блоков обусловлено резко различным уровнем вскрытия эндогенных ореолов в каждом блоке.

Основные рудные залежи Гайского месторождения занимают в структуре общего околорудного ореола закономерное положение, задевая на границе зон метасоматитов с гидротермально измененными породами и сопровождаясь эндогенными ореолами поликомпонентного состава.

Градиенты параметров (средние содержания, коэффициент зональности) в рудах и эндогенных геохимических ореолах однонаправленны, что подтверждает их генетическое единство.

В соответствии с ассиметричной по отношению к рудным телам зональностью гидротермально-метасоматических изменений вмещающих пород и совпадающей с ней направленной зональностью эндогенных геохимических ореолов происходит своеобразная геохимическая «специализация» метасоматитов и гидротермально измененных пород. К кварцевым и серицит-кварцевым метасоматитам избирательно приурочиваются интенсивные ореолы кобальта и молибдена, к хлоритовым метасоматитам — ореолы цинка и свинца, к гематитизированным породам — ореолы бария. Это указывает

на тесную пространственную и генетическую взаимосвязь между зонами гидротермального изменения пород и геохимическими ореолами.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Глубинность геохимических поисков скрытого колчеданного оруденения по эндогенным ореолам на примере Гайского месторождения достигает 1 км.

2. Выявленная зональность околорудных ореолов позволяет определить уровень пересечения ореола по отношению к рудному телу.

3. Закономерная пространственная совмещенность эндогенных геохимических ореолов с метасоматитами и гидротермально измененными породами, определенное положение рудных тел в ореоле гидротермального изменения породы и в геохимическом ореоле, однонаправленность изменения параметров в рудах и эндогенных ореолах, совпадение векторов поперечной зональности эндогенных ореолов, рудных тел и метасоматитов — все это указывает на их временную и генетическую связь и позволяет предполагать образование рудных тел, эндогенных геохимических ореолов и гидротермально-метасоматических преобразований вмещающих пород в результате единого длительного процесса.

4. На Гайском месторождении многоярусное оруденение вскрыто до глубины 1,5 км, а реконструированная вертикальная протяженность ореолов превышает 2,5 км. Это указывает на значительный интервал глубин формирования медноколчеданных месторождений на Южном Урале и как следствие этого на возможность обнаружения новых глубокозалегающих рудных тел на уже известных месторождениях. Полученные на примере Гайского месторождения критерии могут быть использованы для прогнозирования глубоких горизонтов разведываемых месторождений.

Э. Н. БАРАНОВ Д. С. КОЛЯКО

ЭНДОГЕННЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОРЕОЛЫ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СРЕДНЕГО УРАЛА

Медноколчеданные и серноколчеданные месторождения Среднего Урала отличаются от колчеданных месторождений Южного Урала морфологией рудных тел (крутопадающие линзы) и приуроченностью к крутопадающим зонам кварц-серицитовых и кварц-серицит-хлоритовых сланцев.

С целью разработки методики геохимических поисков скрытых

колчеданных месторождений было проведено изучение эндогенных геохимических ореолов на месторождениях Среднего Урала в Красно-Уральском (Красногвардейское, Заводское, Ново-Андреевское, Андреевское), Тагильском (им. III Интернационала, Ольховские, Чадарские), Кировоградском (Ново-Ежовское) и Полевском (Зюзельское) рудных районах. Кроме того, были использованы материалы по ряду месторождений Кировоградского района (Ново-Шайтанское, Ломовское, Тепловское). Анализ полученных данных показал, что при общности элементного состава и особенностей зонального строения ореолов этих месторождений с ореолами месторождений Ю. Урала и других колчеданных провинций Советского Союза эти месторождения обладают некоторыми характерными особенностями.

Рудные тела месторождений Среднего Урала сопровождаются ореолами большого числа элементов-индикаторов (медь, свинец, цинк, серебро, барий, мышьяк, олово, висмут, кобальт, молибден, ванадий, хром, марганец, ртуть и др.) и характеризуются по сравнению с ореолами месторождений Южного Урала более низкими концентрациями бария, свинца, кобальта и более высокими — молибдена.

Пространственная локализация ореолов, их морфология и размеры определяются положением и размерами рудовмещающих зон расланцевания. Ореолы имеют линейные формы, вытянуты вдоль сланцевых зон по их падению и простираются, развиты по всей мощности сланцев и нередко распространяются за пределы зон до 100—200 м. Ореолы комплексного состава прослеживаются более 500 м над рудными телами по восстанию сланцевых зон, при общей протяженности ореолов более 1 км. Мощность комплексных ореолов в 5—40 раз превышает мощности рудных тел.

Ореолы имеют в поперечных сечениях зональное строение как по мощности зон сланцев (горизонтальная зональность), так и по их падению (вертикальная, продольная). Наиболее контрастно в ореолах проявлена горизонтальная (поперечная) зональность, которая выражается в следующем: во внутренних частях сланцевых зон развиты ореолы молибдена, кобальта и меди; в контактах сланцевых зон с породами другого состава развиты ореолы комплексного состава (медь, свинец, цинк, серебро, барий, кобальт, молибден), а во внешних зонах прослеживаются только ореолы меди, цинка и свинца. Поперечная зональность ореолов проявляется качественно одинаково в обоих контактах сланцевых зон, будучи разнонаправленной — от центра зон к периферии. Но ореолы висячего и лежащего боков сланцевой зоны обычно резко отличаются по комплексу состава элементов, интенсивности и размерам.

Широкие и интенсивные поля комплексного состава проявляются лишь в одном из контактов сланцевых зон — они и сопровождают рудные тела. На месторождениях Тагильского района рудолокализирующим является лежащий бок сланцевых зон, а для кировоградского района — наоборот — висячий.

«Безрудные» сланцевые зоны характеризуются ореолами низкой интенсивности и обедненного элементного состава. Но и в этих зонах вдоль их контактов всегда устанавливается некоторое повышение интенсивности и комплексности ореолов и аналогичная поперечная зональность.

Поперечная зональность ореолов может быть охарактеризована следующим зональным рядом элементов (по положению относительных максимальных концентраций элементов в поперечном разрезе сланцевой зоны) от центральных частей зон к внешним: молибден — кобальт — медь — цинк — свинец — серебро. Поперечная зональность ореолов контрастно выражена в пределах широких (свыше 100 м) сланцевых зон и менее отчетливо в маломощных зонах. По отношению к рудным телам, она резко асимметрична; это выражается в преобладающем развитии ореолов свинца, цинка, серебра, бария во внешней зоне комплексного ореола, а ореолов меди, молибдена и кобальта во внутренней зоне.

Вертикальная (продольная) зональность ореолов проявляется неконтрастно и четко выявляется лишь при прослеживании ореолов на значительном расстоянии — до 500 метров и более в открытых зонах. Она обусловлена относительным обогащением верхних (надрудных) зон ореолов цинком, свинцом и серебром, а нижних (подрудных) молибденом, медью и кобальтом. Намечается наличие горизонтально-продольной зональности ореолов, которая в принципе аналогична вертикальной зональности и обусловлена относительным обогащением ореолов на участках выклинивания по простиранию цинком, свинцом и серебром. Как видно, зональность ореолов Средне-Уральских месторождений во всех направлениях — в поперечном и в продольном, вертикальном и горизонтальном — обусловлена, в принципе, одинаково направленной пространственной дифференциацией элементов. Это подтверждается и изменением количественных показателей зональности ореолов.

Пространственная сопряженность геохимических ореолов с зонами сланцев проявляется также в переотложении таких элементов как марганец, ванадий, никель: они выносятся из центральных частей сланцевых зон, где развиты кварц-серицитовые сланцы и кварциты и накапливаются во внешних частях в хлоритовых сланцах и в гидротермальноизмененных породах.

На Красногвардейском и Зюзельском месторождениях в глубоких частях сланцевых зон установлены ореолы выноса меди и цинка, пространственно совпадающие с ореолами выноса марганца и ванадия. Тесная пространственная сопряженность геохимических ореолов с зонами сланцев и, в особенности, зависимость вектора зональности ореола от положения контакта сланцев со слабо измененными породами свидетельствуют о генетической взаимосвязи геохимических ореолов и метасоматитов (кварц-серицитовых и других сланцев). Последнее, в свою очередь, учитывая генетическое единство геохимических ореолов и руд указывает на генетическую связь колчеданного оруденения с процессами гидротермального

метасоматоза (кислотного выщелачивания) и противоречит представлениям о существенном влиянии послерудного метаморфизма на морфологию и локализацию колчеданных рудных тел на Среднем Урале.

По структурно-морфологическому типу эндогенных геохимических ореолов к колчеданным месторождениям Среднего Урала близки некоторые месторождения Южного Урала (Джусинское) и Рудного Алтая (Иртышское, Тишинское). Выявленные особенности эндогенных геохимических ореолов являются важными критериями оценки геохимическими аномалий, связанных со сланцевыми зонами. Глубинность поисков по эндогенным ореолам превышает 500 м. Зональное строение ореолов и их пространственная и генетическая связь со сланцевыми зонами позволяет: определять уровень эрозионного среза зон, направление их падения, выявлять скрытые зоны на глубине и выделять в пределах зон участки перспективные на скрытое оруденение. Первоочередного внимания заслуживают геохимические ореолы комплексного состава.

В. М. РЫФТИН

СВЯЗЬ ЭНДОГЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ ГАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СО СТРУКТУРНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

Как отмечают многие исследователи, особенности пространственного положения эндогенных геохимических ореолов определяются как структурными, так и литологическими факторами. При этом рудовмещающие породы обычно характеризуются повышенной проницаемостью и пористостью. Эти свойства возникают как при тектонических напряжениях (повышенная трещиноватость), так и при их гидротермально-метасоматической переработке. Многожерловая вулканическая постройка Гайского месторождения и является примером такой структуры. Вулканические каналы, вмещающие колчеданное оруденение, представляли в предрудное время резко гетерогенную в фильтрационном отношении зону, выполненную в общем достаточно хорошо проницаемыми породами. Определяющая роль проницаемости пород в распространении эндогенных ореолов подтверждается данными по их эффективной пористости. Наиболее низкой эффективной пористостью (0,04% обладают окварцованные брекчии пород дацитового ряда, претерпевшие дорудное опаловидное окремнение. В этих породах отмечено лишь фоновое содержание рудных элементов, хотя на контакте и отмечаются иногда высокие содержания. Породы основного со-

става имеют эффективную пористость в два раза более низкую, чем породы кислого ряда. Концентрация элементов в ореолах находится в симбатной зависимости от величины эффективной пористости. Влияние литологических факторов (и в частности физико-механические свойства горных пород) на пространственное распределение элементов-индикаторов определяется тем, что в породах максимальной проницаемости, на контактах пород с различной эффективной пористостью, под экранами малопроницаемых пород, в зонах рассланцевания фиксируются повышенные содержания почти всех основных элементов. Характерно, что содержания элементов под «экранами» закономерно убывают.

Морфология эндогенных ореолов Гайского месторождения, также как и вмещающие структуры, характеризуются наличием крутопадающей к востоку ($<70-75^\circ$) и уходящей на глубину более 1500 м зоны, плавно сопрягающейся с пологозалегающей приповерхностной областью. Размеры эндогенных ореолов близки к размерам рудовмещающей структуры. Развитие дизъюнктивных структур различных порядков в сочетании с общей анизотропностью пород обусловило наличие многочисленных зон повышенной концентрации элементов, сложно перемежающихся с зонами пониженных концентраций. Положение комплексных линейных ореолов вдоль близмеридиональных рудоконтролирующих (Западного ограничивающего, Центрального и Восточного ограничивающего) и диагональных разломов четко подчеркивают блоковое строение рудной зоны. По простиранию комплексные ореолы отдельных рудовмещающих блоков ограничены крутопадающими диагональными нарушениями, играющими роль своеобразных экранов, вдоль которых происходило «растекание» ореолов. За пределами рудовмещающих блоков на северном и южном флангах месторождения эндогенные ореолы фиксируются лишь по разрывным нарушениям, при этом они характеризуются не комплексным, а би- и моноэлементным составом. При рассмотрении эндогенных ореолов в вертикальных поперечных разрезах отмечается, что вдоль отдельных крутопадающих разрывных нарушений происходит дифференциация элементов-индикаторов: в наиболее глубоко вскрытых участках развиваются ореолы кобальта и молибдена, которые вверх по восстановлению разрывных структур сменяются ореолами меди, цинка, свинца, бария.

Таким образом, приведенные выше данные свидетельствуют, что условия формирования рудовмещающих структур и особенности их внутреннего строения определили структурно-морфологический тип эндогенных геохимических ореолов Гайского месторождения, которые относятся к ореолам месторождений в комбинированных структурах, обусловленных сочетанием согласных пологозалегающих и секущих крутопадающих структур. Сочетание крутопадающих зон рассланцевания, играющих роль рудоподводящих и рудовмещающих структур, с локальными слабопроницаемыми экранящими горизонтами подготовили Гайскую вулканическую

постройку на период, предшествующий рудоотложению. Морфология и внутреннее строение эндогенных геохимических ореолов характеризуют структуру месторождения на момент рудоотложения.

Э. С. КРАВЧЕНКО, В. С. ЛАХНЮК, Г. Ю. ГИНЗБУРГ,
Н. Ф. ЕРЕМИН, М. Ф. ПАЛЬГУЕВА, М. И. СЮЗЕВ,
Ю. Д. ТЕРЕХИН, И. В. ТРЕФИЛОВА, В. А. ШУГИНА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭРОЗИОННОГО СРЕЗА ЭНДОГЕННЫХ ОРЕОЛОВ РУДНЫХ ТЕЛ КАССИТЕРИТСУЛЬФИДНОЙ ФОРМАЦИИ

Определение уровня эрозионного среза является одной из главных задач при оценке перспектив рудоносности геохимических аномалий и рудопроявлений, выявленных при производстве поисковых работ. Особенную актуальность этот критерий приобретает при поисках скрытых рудных тел, перспективы обнаружения которых выявляются в настоящее время во многих старых рудных районах. Это полностью относится и к районам Приморья, где авторами проводились геохимические исследования, как методического, так и опытно-производственного характера.

Промышленные оловорудные месторождения, разведанные и эксплуатируемые в этом районе, являются типичными представителями гидротермальных месторождений, с крутым падением рудных зон, что позволяет при определении уровня эрозионного среза, эффективно использовать коэффициенты вертикальной зональности.

Нами, в качестве таких коэффициентов, предлагаются следующие отношения произведений среднего содержания: произведения элементов-индикаторов верхней половины (числитель) и произведения — нижней половины (знаменатель) эндогенного ореола оруднения данной формации.

$$\frac{\text{Свинец} \cdot \text{цинк} \cdot \text{серебро}}{\text{медь} \cdot \text{висмут} \cdot \text{молибден}} \quad \text{и} \quad \frac{\text{свинец} \cdot \text{цинк} \cdot \text{серебро}}{\text{медь} \cdot \text{висмут} \cdot \text{вольфрам}}$$

В основу выбора групп элементов, для расчета предлагаемых коэффициентов, положены закономерности распределения элементов-индикаторов в вертикальном разрезе эндогенных ореолов оловорудных месторождений этого рудного района.

К рассчитываемому коэффициенту зональности предъявлялись следующие основные требования:

1. Однонаправленность изменения величины коэффициента по всему вертикальному разрезу ореола от надрудного интервала через рудный к подрудному.

2. Контрастность величин коэффициента, указанных интервалов ореола, позволяющая с достаточной достоверностью определять уровень среза ореола.

3. Монотонность изменения величин коэффициента, на большей части рассматриваемого интервала (включающего надрудный и подрудный части разреза).

4. Относительная простота расчета коэффициента.

Для того, чтобы предлагаемыми коэффициентами можно было пользоваться при оценке перспективности геохимических аномалий на скрытое оруденение в производственных условиях, без проведения каких-либо методических исследований, был рассчитан рабочий эталон величин коэффициента на различных уровнях среза эндогенного ореола.

Рекомендуемый рабочий эталон характеризуется следующими значениями коэффициента:

1. Надрудный интервал — более 50 000

2. Среднерудный интервал — от 500 до 1

3. Подрудный интервал — менее 0,01

При расчете эталона были использованы параметры первичных геохимических ореолов рудных тел шести крупных промышленных месторождений олова Приморья и нескольких мелких, а также некоторых разведываемых рудопроявлений.

Достаточная эффективность использования предлагаемого эталона для оценки уровня среза ореола, в значительной степени, зависит от ряда условий, которым должны отвечать методика сбора и обработки геохимических данных, полученных при выявлении геохимических аномалий.

Расчет коэффициентов зональности выявленного среза эндогенного ореола производится по опорному профилю. Очень важно, чтобы профиль находился где-то в срединной части контура этого среза. Располагается профиль вкрест простирания ореола (аномалии) и должен вскрывать его (ее) на всю или большую часть мощности. Опробование проводится методом пунктирной борозды. Минимальное количество проб по профилю для расчета коэффициента должно составлять — 10 штук. Отобранные пробы подвергаются спектральному приближенно-количественному анализу с чувствительностью определения элементов не менее $1 \cdot 10^{-4}\%$ для свинца, висмута и молибдена, $1 \cdot 10^{-2}\%$ для цинка, $1 \cdot 10^{-5}\%$ для серебра и $1 \cdot 10^{-3}\%$ для вольфрама.

Коэффициент зональности рассчитывается по среднему содержанию входящих в него элементов-индикаторов. Среднее содержание каждого элемента определяется на одну и ту же длину профиля, т. е. на всю вскрытую мощность ореола. При недостаточной чувствительности анализа на молибден, висмут или серебро, величина их концентрации условно принимается 0,1 г/т. Если по этой же причине отсутствуют данные по вольфраму — коэффициент с этим элементом не рассчитывается. Единичные пробы с содержа-

нием элемента на два порядка выше его содержания в соседних пробах в расчет среднего не берутся.

Величина коэффициента более 50 000 указывает, что аномалия вскрыта в надрудном интервале и в этом смысле является перспективной на глубину.

Величина коэффициента в пределах 500-1 указывает, что аномалия вскрыта в среднерудном интервале и если в ней имеются рудные тела, то они вскрыты эрозионным срезом.

Величина коэффициента меньше 0,01 указывает, что аномалия вскрыта в подрудном интервале и является бесперспективной.

Л. Н. БЕЛЬЧАНСКАЯ В. П. МАКСИМОВА

ОСОБЕННОСТИ ЭНДОГЕННЫХ И ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ СУЛЬФИДНО-КАССИТЕРИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЯКУТИИ

Вокруг рудных тел месторождений касситеритово-сульфидной формации образуются ореолы широкого круга элементов: олова, меди, свинца, цинка, серебра, молибдена, кобальта, вольфрама, мышьяка, висмута, сурьмы, бора и др.

В строении эндогенных ореолов месторождений установлена вертикальная зональность, которая выражается в общем виде в развитии наиболее интенсивных ореолов свинца, цинка и серебра в надрудных (верхнерудных) сечениях околорудного пространства, а молибдена, вольфрама, кобальта в подрудных (нижнерудных) сечениях.

Ряд вертикальной зональности элементов имеет следующий вид (сверху вниз): (свинец, цинк, серебро) — (медь, олово) — (кобальт, молибден, вольфрам). Сравнительное изучение параметров мультипликативных ореолов исследованных месторождений позволило установить близость количественных параметров вертикальной зональности ореолов. По величинам отношения продуктивностей мультипликативных ореолов надрудных элементов (свинец \times \times цинк \times серебро) к подрудным (олово \times молибден \times кобальт) возможно четко дифференцировать надрудные (индикаторные отношения более 1000), верхнерудные (1000—100), среднерудные (100—1), нижнерудные (1—0,01) и подрудные (менее 0,01) сечения ореолов.

В строении внутренних зон ореолов, непосредственно окай-

мляющих рудные тела, выявлена вертикальная зональность, аналогичная зональности полностью оконтуренных ореолов.

В строении рудных тел с помощью мультипликативного показателя установлена вертикальная зональность, количественно близкая зональности их эндогенных ореолов. Это расширяет диапазон практического использования геохимической зональности как критерия оценки уровня рудных подсечений.

В условиях районов изученных месторождений со среднегорными мерзлотно-таежными ландшафтами на бескарбонатных породах при мощности рыхлых отложений до 7—10 м наблюдаются тесные геохимические и пространственные связи экзогенных ореолов в почвах с эродированными эндогенными ореолами. При мощности рыхлых отложений более 10 м (до 20 м) в почвах установлены аномалии только некоторых элементов — индикаторов (меди, цинка, олова и кобальта). Сила связи экзогенных ореолов с эндогенными усиливается при мультипликативном методе выявления и изучения ореолов. При мощности рыхлых отложений до 7—10 м величины отношений продуктивностей мультипликативных ореолов комплекса надрудных элементов к подрудным в почвах и в коренных породах близки по абсолютному значению.

Установленные особенности распределения элементов-индикаторов в рудных телах и окаймляющих их ореолах являются важными критериями интерпретации литохимических аномалий, связанных с сульфидно-касситеритовым оруденением.

Ю. И. ПЕТРОВ

ТОПОГЕОХИМИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МУРУНТАУ В СРЕДНЕЙ АЗИИ

Месторождение Мурунтау приурочено к породам нижнебеспапанской свиты мощностью около 1200 м, которая является верхней пачкой сланцевой толщи района. Породы свиты имеют локальное развитие, залегая в узких глубоких мульдообразных впадинах северо-западного простирания. К ним приурочены все известные месторождения и рудопроявления Мурунтауского рудного поля.

Нижнебеспапанская свита сложена преимущественно метагелевыми кварцевыми (кремнистыми) и слюдисто-кварцевыми сланцами, содержащими прослой слюдисто-полевошпатовых и слюдисто-полевошпатово-кварцевых сланцев. Кварцевые сланцы содержат небольшие линзовидные прослой известняков и кварцево-карбонатных пород. По простиранию слюдисто-полевошпатовые сланцы

сменяются слюдисто-кварцевыми, а последние кварцевыми сланцами, что позволяет, учитывая метателевый характер последних, отнести породы свиты к образованиям вулканогенно-кремнистой формации (по Н. С. Шатскому).

Сланцы обогащены золотом (кларк концентрации 100—1000), мышьяком (100—1000), вольфрамом (10—100), висмутом (10—100), медью (4—10), цинком (2—3), серебром (2—3), никелем (2—3), кобальтом (1,5—2), молибденом (1,5—2) и свинцом (1—2). При этом золото, вольфрам, молибден, мышьяк накапливаются преимущественно в кварцевых и слюдисто-кварцевых сланцах, а никель, кобальт, медь, цинк в слюдисто-кварцевых и слюдисто-полевошпатовых сланцах. Мышьяк, свинец, серебро в повышенных концентрациях устанавливаются по всему фациальному профилю толщи, но максимально концентрируются в слюдисто-кварцевых сланцах.

Дифференциация содержаний некоторых элементов по фациальному профилю отличается высокой контрастностью. Повышенных содержаний золота практически нет в слюдисто-полевошпатово-кварцевых сланцах, а меди — в кварцевых сланцах. Золото концентрируется независимо от молибдена, вольфрама и мышьяка в отдельных прослоях. Такая же локальная избирательность накопления в разрезе характера для вольфрама и мышьяка. Серебро накапливается в более высоких концентрациях совместно с медью, цинком, кобальтом; мышьяк ассоциирует только со свинцом.

Содержания золота в отдельных горизонтах очень высокие, нередко достигающие промышленных концентраций. На месторождении Мурунтау наиболее золотоносна нижняя, 300-метровая пачка существенно кварцевых сланцев верхней половины продуктивной свиты, а на остальных месторождениях района золотоносны и другие части продуктивной свиты.

Основная масса промышленных руд золота пространственно связана с разрывными нарушениями, тяготеющими к зоне Северо-восточного разлома, в области которого породы испытали высокотемпературный кварцевый метасоматоз. Рудные тела представлены золотоносными кварцевыми жилами и зонами секущих и послойных кварцевых прожилков. Их размещение контролируется горизонтами метателевых кварцевых сланцев и секущими разрывными нарушениями. Протяженность рудных тел по падению ограничивается мощностью золотоносных горизонтов, а по простиранию — протяженностью последних и разрывными нарушениями. Поэтому даже крупные кварцевые жилы редко выходят за пределы кремнистых горизонтов. При пересечении разрывными нарушениями пологозалегающих золотоносных пластов небольшой мощности образуются рудные тела типа «лежащих столбов».

В рудных зонах вокруг кварцевых жил, несущих богатые руды золота, наблюдается зональное распределение аномальных концентраций элементов. К ним обычно приурочены ореолы серебра, молибдена, вольфрама, висмута, кобальта. Медь, цинк, свинец, мышь-

як, никель образуют внешние зоны ореолов и «шапки» над рудными телами. В жильных рудах и их ореолах между элементами возникают иные, чем в пластовых концентрациях, парагенетические и корреляционные связи: золото находится в прямой корреляционной связи с серебром и в отрицательной связи со всеми другими элементами, мышьяк с медью. В ореолах по восстановлению рудоносных нарушений содержания золота, висмута, вольфрама, кобальта, мышьяка, никеля, молибдена уменьшаются, а серебра, меди и цинка несколько увеличиваются. В этом же направлении в ореолах возрастают отношения мышьяка/вольфрама, мышьяка/к кобальту, висмуту и никелю.

Различие жильных и пластовых руд и аномальных концентраций элементов-спутников проявляется также в особенностях минерального состава. Для пластовых руд и аномалий характерны тонкозернисты (для золота — чешуйчатые и пластинчатые) минеральные формы, для кварцево-жильных зон — более крупнозернистые с образованиями гнезд и прожилков. До начала геохимических исследований в 1965 г. месторождение Мурунтау рассматривалось как гидротермальное штокверкового типа, генетически связанное с гипотетической интрузией гранитов, залегающей на глубине 2—4 км. На месторождении выделялось до 12 стадий минерализаций. Золоторудная минерализация считалась одной из самых поздних. Кварцевые жилы рассматривались лишь как благоприятная среда для отложения золота.

Полученные данные по топогеохимии месторождения Мурунтау позволяют утверждать, что основная масса золота и других металлов была сконцентрирована в сланцах сингенетичным путем. Есть основания предполагать следующий генезис месторождения Мурунтау.

В начале первого этапа образования месторождения оформились древние приразломные мульды, в которых в результате подводных эксгаляционных процессов накапливались горячие минерализованные рассолы.

В последующем до конца первого этапа формирования месторождения, вследствие излияний основных лав в соседних участках морского дна, их диспергирования и гидролиза при взаимодействии с водой и паром, образовались слюдисто-кварцевые и кремнистогелевые осадки, которые, заполняя мульды с минерализованными рассолами, осадил из них металлы. Этим и объясняется гидротермальный характер пластовой минерализации.

Во второй этап минералообразования были сформированы кварцево-жильные зоны, приуроченные к разрывным нарушениям. За счет гелей кремнезема образовались высокоактивные кремнекислые растворы, которые двигаясь из пластов в зоны нарушений, несли с собою золото и другие элементы. Резкое падение давления в зонах нарушений приводило к выпадению кварца из растворов. Это и явилось основным рудообразующим процессом.

Установленные топогеохимические закономерности имеют

большое практическое значение. Они позволяют выделять в пределах Мурунтаусского рудного поля сингенетичные пластовые руды и руды кварцево-жильных зон, прогнозировать новые рудные зоны и помогают устанавливать морфологию рудных тел.

Для дальнейших поисков аналогичных месторождений перспективны толщи залегающие в локальных мульдах вулканогенных свит, которые обогащены золотом и другими металлами.

Результаты проведенных исследований позволили изменить представления о морфологии рудных тел, что в конечном итоге привело к значительному увеличению запасов на ранее разведанной площади, и дали основание рекомендовать для разведки восточный фланг месторождения по падению продуктивных горизонтов.

В. А. КАМЕНЩИКОВ, В. Г. РОСТОВ Г. С. СИМКИН

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПОИСКОВ СКРЫТОГО РТУТНОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТУВЫ

В Центральной Туве в пределах Терлигхайского рудного узла известны многочисленные рудопоявления ртути, которые нуждаются в эффективной оценке. Разработка геохимических критериев выявления признаков скрытого ртутного оруденения и их оценка проводилась на Терлигхайском месторождении ртути.

Методические исследования эндогенных геохимических ореолов были проведены на наиболее важном в промышленном отношении участке месторождения, в пределах которого крутопадающие линзообразные рудные тела образуют рудоносную зону мощностью до 120 м при вертикальном размахе оруденения более 250 м.

Рудоносная зона сопровождается эндогенными геохимическими ореолами прямых элементов-индикаторов ртутного оруденения — ртути, мышьяка, серебра, цинка и сурьмы. Наибольший на мощности ореол образует ртуть (сотни метров), наименьшие — десятки метров — мышьяк и серебро. Ореол ртути развивается в пределах всего вертикального разреза рудоносной зоны, выходя за ее пределы на сотни метров. Ореолы мышьяка и серебра характерны в основном для верхнерудных и надрудных, а ореолы цинка и сурьмы — для нижнерудных и подрудных сечений зоны.

Анализ изменения отношений линейных и площадных продуктивностей, значений геохимических показателей — (ртуть \times мышьяк \times серебро/цинк \times сурьма² и мышьяк \times серебро/цинк \times сурьма) и коэффициента зональности $K = \frac{\text{ртуть} + \text{мышьяк} + \text{серебро}}{\text{цинк} + \text{сурьма}}$ на раз-

личных уровнях рудоносной зоны, закономерный характер распределения элементов-индикаторов выявил в ее вертикальном разрезе в следующей последовательности (снизу вверх): сурьма — цинк — серебро — мышьяк — ртуть.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что геохимические аномалии, связанные с ртутным оруденением, имеют комплексный (полиэлементный) состав, индикаторами надрудных и верхнерудных сечений ореолов являются ртуть, мышьяк и серебро, а нижнерудных и подрудных — цинк и сурьма. Количественными показателями уровня эрозионного срезания аномалий, наряду с отношениями линейных и площадных продуктивностей, могут служить геохимические показатели и коэффициент зональности. Установленные геохимические критерии могут быть использованы при оценке многочисленных проявлений ртутной минерализации в пределах Центральной Тувы.

Н. П. ВАРГУНИНА

ЭНДОГЕННЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОРЕОЛЫ РТУТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГАЛ-ХАЯ В ЯКУТИИ

Месторождение Гал-Хая, расположенное в Северо-Сакындинском рудном районе в Северо-Восточной Якутии, представлено минерализованной зоной дробления в силурийских известняках. Сурьмяно-мышьяково-ртутное оруденение месторождения сопровождается четкими ореолами ртути, мышьяка, сурьмы, серебра, меди, никеля, кобальта, молибдена, ванадия, золота и таллия.

В строении ореолов установлена вертикальная зональность: ртуть, мышьяк, сурьма, серебро, золото и таллий преимущественно концентрируются на уровне центральной и верхней частей рудного тела, а медь, никель, кобальт и свинец — в нижнерудной и подрудной частях околорудного пространства. Наиболее выдержанная вертикальная зональность выявляется в строении мультипликативных ореолов. Ореолы верхнерудных (сурьма, мышьяк, серебро) и подрудных (медь, кобальт, никель) ассоциаций элементов распределяются близко симметрично относительно плоскости сечения через центральную часть рудного тела. Установлена горизонтальная зональность, обусловленная преимущественной концентрацией верхнерудных элементов (сурьма, мышьяк, серебро) в северной части рудного тела, что указывает на возможное направление движения рудоносных растворов с юга на север.

Величины коэффициентов зональности (отношение продуктивностей мультипликативных ореолов верхнерудных элементов к под-

рудным (близки между собой для одинаковых срезов ореолов по всем изученным разрезам, но имеют чрезвычайно высокую контрастность (в 1000 и более раз) изменений по вертикали. Это позволяет использовать вертикальную зональность для оценки геохимических аномалий в отношении уровня эрозионного среза, для оценки перспектив флангов и глубоких горизонтов известных месторождений и рудопроявлений, а также для решения ряда других практических задач.

На территории Лево-Сакынджинского рудного узла к настоящему времени обнаружено около 40 ртутных и сурьмяно-ртутных рудопроявлений, которые характеризуются геолого-структурной обстановкой аналогичной той, которая наблюдается на месторождении Гал-Хая. Использование полученных критериев определения уровня среза для оценки рудопроявлений позволяет выяснить перспективы рудоносности рудного узла в целом.

Г. С. СИМКИН

О СОПРЯЖЕНИИ ЭНДОГЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ И МЕТАСОМАТИЧЕСКИ ИЗМЕНЕННЫХ ПОРОД ТЕРЛИГХАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РТУТИ

Месторождение локализовано в пределах северо-западного крыла Кызылхашской грабен-синклинали. Участок месторождения сложен моноклинально залегающими нижнедевонскими вулканитами среднего состава и вулканомиктовыми образованиями и характеризуется сложным блоковым строением. Рудовмещающие нижнедевонские породы отделены от подстилающих ордовических образований Терлигхайским разломом, к зоне которого приурочено пластообразное тело габбро-диабазов и диабазов мощностью до 140—160 м.

Процесс минералообразования, парагенетически связываемый с девонским вулканизмом, проявился в 4 стадии. В первую стадию возникли осветленные породы, образующие зональный ореол. Внутренняя карбонат-гематит-каолининовая зона представлена пластообразным телом (мощностью до 12 м) полностью каолинизированных пород: сопровождающимся с лежащего и всячего боков оторочками кварц — карбонат —/серицит, гидрослюда/каолининовых (до 8 м) и монокварцевых (до 3—12 м) пород. Внешняя кварц — гематит — карбонат — (каолинит)серицит — гидрослюдистая зона распространяется на сотни метров. В случае развития этой зоны по габбро-диабазам и диабазам появляются сидерит, тальк, серпентин, халцедон и др. Формирование ореола осветленных пород характеризовалось привнесением калия и гидроксильной группы и существен-

ным выносом как кремния, натрия, кальция, магния, так и ванадия, никеля, кобальта, меди, свинца и цинка с образованием «отрицательных» ореолов последних. Во вторую стадию образовались окварцованные и пиритизированные породы, ореол которых распространяется на десятки и сотни метров, и немногочисленные баритовые жилы верхних горизонтов месторождения. В строении ореола выделяются внешняя карбонат — серицит — гидрослюдапирито — кварцевая и внутренняя карбонат — пирито — кварцевая зоны. Содержание пирита в этих породах от долей процента до 10—12%. Образование окварцованных и пиритизированных пород происходило в условиях существенного привноса кремнезема и серы и сопровождалось образованием ореолов меди, свинца и молибдена. В третью продуктивную стадию сформировались зоны оруденелых метасоматитов, мощностью до десятков метров, в пределах которых в соответствии с условиями выделяются промышленные рудные тела. В них киновари всегда сопутствует мелкозернистый кварц, довольно редки блеклая руда и метациннабарит. Образование оруденелых метасоматитов происходило при существенном привносе ртути, кремнезема, серы и сопровождалось образованием «положительных» эндогенных ореолов ртути, мышьяка, серебра, цинка и сурьмы, которые и являются прямыми элементами-индикаторами ртутного оруденения. Эти элементы распределены в вертикальном разрезе ореола относительно ртутных рудных тел закономерно: от подрудных к надрудным уровням ореолов они накапливаются в следующей последовательности: сурьма — цинк — серебро — мышьяк — ртуть. Вертикальная зональность ореолов прямых элементов-индикаторов ртутного оруденения позволяет производить оценку геохимических аномалий в отношении уровня. В четвертую завершающую стадию сформировались многочисленные мелкие кварц-карбонатные прожилки выполнения.

Рассмотрение поведения комплекса изучаемых химических элементов при последовательном образовании метасоматических пород показывает, что ореолы ртути, мышьяка, серебра и сурьмы сопровождают только оруденелые (продуктивные) метасоматиты, тогда как ванадий, никель, кобальт, медь, свинец и цинк выносятся при образовании осветленных пород, а в дальнейшем при формировании окварцованных, пиритизированных пород и оруденелых метасоматитов перераспределяются, образуя местами повышенные, но, в основном, более низкие, чем значения местного геохимического фона концентрации. Так, цинк сопутствует оруденению в виде «положительных» ореолов, приуроченных к нижнерудным и подрудным уровням.

Таким образом, в процессе минералообразования на Терлиг-хайском месторождении, как показало изучение связей геохимических ореолов с метасоматитами, ртуть, мышьяк, серебро и сурьма привносились, по-видимому, из рудогенерирующего очага, а цинк, ванадий, никель, кобальт, медь и свинец могли быть мобилизованы из вмещающих пород и перераспределены.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПЕРВИЧНЫХ ОРЕОЛОВ РТУТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАВНОК

Вокруг рудных тел месторождения Кавнок выявлены первичные геохимические ореолы широкого круга элементов — сурьмы, серебра, мышьяка, свинца, кобальта, меди, бария, стронция, никеля, хрома, вольфрама.

В строении ореолов отчетливо проявляется вертикальная зональность, характеризующаяся следующим рядом элементов — (снизу вверх) — молибден — никель — медь — олово — кобальт — ртуть — свинец — серебро — сурьма.

Установлено, что отмеченная зональность отчетливо проявляется только в первичных ореолах, развитых вокруг изолированных в пространстве рудных тел. В случае сближенных рудных тел благодаря наложению ореолов рассмотренная выше зональность распределения элементов нарушается. В подобных случаях зональность наложенных ореолов полностью будет определяться расположением сближенных тел относительно друг друга.

Сложные по строению ореолы были установлены по одному из разрезов через исследованное месторождение, где первичные ореолы вокруг слепого рудного тела осложнены подрудными ореолами, связанными с расположенным выше и эродированным рудным телом. Именно по этой причине зональность общих ореолов, выявленных по данному разрезу резко отлична от описанной выше.

Справедливость этого положения подтверждается результатами расчета параметров ореолов по узкой зоне ореолов, непосредственно окаймляющих слепое рудное тело и менее подверженных влиянию эродированного рудного тела, расположенного кулисно по отношению к слепому. По результатам этих расчетов выявлена зональность, характерная для изолированных рудных тел и рассмотренная выше.

Изложенное показывает, что возможность формирования наложенных ореолов должна быть учтена как при интерпретации геохимических аномалий, так и изучении первичных ореолов, в особенности зональности распределения элементов-индикаторов. Не исключена возможность, что в ряде случаев наблюдающиеся отклонения от единой зональности обусловлены именно этим обстоятельством.

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ

(опыт работ геохимической экспедиции УГ СМ
Таджикской ССР)

Геохимическая экспедиция Управления геологии Совета Министров Таджикской ССР проводит геохимические исследования в различных рудных районах Таджикистана.

В составе экспедиции работает 10 геолого-геохимических партий: экспедиция имеет мощную лабораторию, выполняющую ежегодно химических и спектральных анализов более 100 тыс. геохимических проб. За 8 лет своего существования экспедицией под научным руководством С. В. Григоряна разработана и успешно применяется методика геохимических поисков по первичным ореолам скарново-полиметаллических и жильных медно-висмутовых и полиметаллических руд. В результате производственных работ, выполненных в пределах основных рудных районов Карамазара, значительно расширены перспективы полиметаллических руд, в Джангалык-Курусайском и Кансайском рудных районах, а также медно-висмутовых и полиметаллических руд в Канимансурском районе.

Обобщение данных по проверке геохимических аномалий скважинами указывает на высокую эффективность геолого-геохимического прогнозирования. Из общего количества аномалий, выдвинутых под разведку, более 70% оказались связанными с промышленным оруденением. Подтверждается высокая достоверность отрицательных геохимических оценок рудопроявлений, размещающихся в различных структурно-литологических условиях.

Определенные успехи экспедиция имеет также в изучении высокотемпературных вольфрамовых и золото-вольфрамовых месторождений. В настоящее время завершается разработка методики геохимических поисков аналогичных месторождений в Карамазаре (горы Моголтау) и в Центральном Таджикистане (Майхура, Каяз, Джилсау и др.). Наряду с методическими исследованиями, на этих типах месторождений в небольшом объеме проводились производственно-методические работы. В результате на флангах месторождения Чарух-Дайрон в горах Моголтау обнаружен ряд перспективных на скрытое промышленное вольфрамовое оруденение аномалий.

Экспедиция проводит также методические работы на олово и ртуть. При геохимических исследованиях на ртуть в Центральном Таджикистане обнаружен ряд перспективных аномалий, на которых намечается провести детализационные работы.

Тематическая партия экспедиции проводит исследования по выработке критериев разбраковки геохимических аномалий, связан-

ных с полиметаллическими, медно-висмутовыми, вольфрамовыми, оловорудными и золоторудными типами минерализаций.

В настоящее время экспедиция приступает к систематическому геохимическому картированию отдельных рудных районов Таджикистана и составлению, в конечном итоге, по ним геохимических основ прогнозных карт. Первый опыт составления геохимической основы прогнозной карты получен авторами по Центральному Карамазару. Последний покрыт геохимической съемкой масштаба 1 : 25000. Данные геохимического картирования фиксируют все известные рудопроявления и месторождения, а также все самые незначительные рудопроявления и зоны минерализации, проявленные на изученной площади. Изменения отношений суммарных концентраций свинца — бария — серебра к таковым висмута — меди — кобальта, наводимые на всей площади карты, являются наиболее показательными для оценки отдельных перспективных участков на скрытые полиметаллические и медно-висмутовые руды.

При построении геохимических основ прогнозных карт используется методика, разработанная авторами совместно с С. В. Григоряном и Г. Г. Гулиевым.

Для повышения достоверности прогнозов уделяется большое внимание выяснению причинной взаимосвязи основных параметров рудных тел и связанных с ними геохимических аномалий на различных генетических типах месторождений Таджикистана, размещающихся в разных структурно-литологических условиях.

II. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ ПО ЭКЗОГЕННЫМ ОРЕОЛАМ

Ю. Г. САЕТ, Э. К. БУРЕНКОВ, А. Д. ГОРШЕНИИ
Н. Я. ИГУМНОВ, Н. И. НЕСВИЖСКАЯ

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ВЫЯВЛЕНИЯ, ОЦЕНКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЭКЗОГЕННЫХ АНОМАЛИЙ-ПРИЗНАКОВ ЭНДОГЕННОГО БОРНОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Увеличение сырьевой базы бора связано с поисками новых рудных районов и месторождений, расположенных в сравнительно слабо изученных и большей частью закрытых районах. Основная задача геохимических поисков бора — выявление и интерпретация экзогенных ореолов рассеяния его месторождений и, в частности, разбраковка ореолов, создаваемых промышленными типами его минерализации (бораты в магнезиальных скарнах и боросиликаты в известковых скарнах) от ореолов, создаваемых алюмоборосиликатами (турмалин, аксинит), не имеющими промышленного значения, и нерудных аномалий, создаваемых гипергенной аккумуляцией рассеянного бора.

Анализ ассоциаций элементов в рудах и эндогенных ореолах борных месторождений показывает, что важнейшим их индикатором являются ореолы самого бора. Комплекс элементов-спутников в рудах и сопровождающих их ореолах обычно присутствует (иногда в весьма контрастных концентрациях), однако перечень элементов в ассоциациях нестабилен, т. к. они связаны обычно с наложенными процессами, специфичными в каждом конкретном случае. Следует подчеркнуть, что при существующем уровне изученности и разведанности ограниченного количества месторождений бора невозможно пока решение классической задачи современной прикладной геохимии — оценки уровня эрозионного среза.

Ореолы рассеяния бора в почвах сопровождают все типы его месторождений. Известны и нерудные аномалии бора в почвах, связанные, в частности, с биогенной аккумуляцией, карбонатно-щелочным барьером, испарительной концентрацией, повышенной фоновой бороносностью некоторых пород. Особенности экзогенных ореолов бора и степень их связи с геохимическими условиями ландшафта определяются минералогическим типом руд и их устойчи-

востью при выветривании. В частности: 1). Ореолы месторождений боратов слабоконтрастны даже в случае богатых и крупных рудных тел. Представительные горизонты почв, морфология ореола и форма нахождения бора зависят здесь от типа ландшафта. 2). Ореолы датолитовых месторождений более контрастны. Их особенности больше связаны с содержаниями бора и размерами рудных тел. 3). Ореолы турмалиновых проявлений полностью механогенны и почти не связаны по своим особенностям с геохимическими характеристиками ландшафта.

Биогеохимические ореолы бора сопровождают только бораты и боросиликаты. Их характеристика зависит прежде всего от геохимических особенностей ландшафта. В неблагоприятных для биологического поглощения бора условиях биогеохимические аномалии не возникают даже при условии сравнительно контрастных ореолов общего и подвижного бора в почвах. В результате этого: 1). На месторождениях боратов биогеохимические ореолы нестабильны и образуются не всегда. 2). На месторождениях датолита биогеохимические ореолы всегда очень контрастны. 3). На месторождениях турмалина биогеохимические ореолы не проявлены.

Гидрогеохимические ореолы бора сопровождают только месторождения боратов и боросиликатов. В поверхностных водах они образуются либо в результате непосредственного дренирования рудных зон, либо в результате дренирования подземных ореольных вод. В последнем случае может создаться ложный эффект нерудной аномалии. Сейчас нерудные аномалии известны главным образом в аридных районах, где они связаны с минерализованными водами.

Ореолы бора в почвах и растениях характеризуются большими смещениями по склонам даже небольшой крутизны. Они отличаются потоковидной морфологией, контролируемой микрорельефом склонов.

Основные положения методики геохимических поисков эндогенных месторождений бора по экзогенным ореолам:

1. Наиболее представительным методом поисков является почвенно-геохимическое опробование. Однако его применение требует обязательной геохимической интерпретации аномалий.

2. Выявление аномалий наиболее вероятно в ходе маршрутов по изогипсам рельефа.

3. Выделение аномалий должно проводиться с учетом вариации геохимического фона в местных типах геохимического ландшафта, т. к. содержания бора в фоне одних ландшафтов могут быть выше, чем аномальные содержания в других. При выделении аномалий нельзя ограничиваться слишком высокими минимально-аномальными содержаниями, т. к. при этом могут быть пропущены слабоконтрастные ореолы наиболее интересных в промышленном отношении боратов.

Геохимическими критериями для интерпретации аномалий бора в почвах являются:

1. Наличие пространственно совмещаемых с ними биогеохимических и гидрогеохимических аномалий.

2. Высокий выход кислотнорастворимых форм бора, извлекаемого из почв (для гумусовых горизонтов необходимо предварительное разрушение органического вещества).

3. Наличие в почвах аномалий высокой магнитной восприимчивости (для месторождений боратов).

Наличие в почвах аномалий меди, свинца, цинка, хрома, вольфрама, бериллия, олова позволяет в большинстве случаев отделить рудные аномалии от нерудных, но не дают возможности выделить среди рудных аномалий и отбраковать неперспективный на бор турмалиновый тип.

В двух потенциально перспективных на бор регионах (Приморье и Горная Шория), расположенных в различных ландшафтно-геохимических зонах, проведены опытно-производственные работы с целью апробации изложенной методики поисков. В общей сложности выявлено более 50 аномалий бора, которые, как правило, совпадали по площади с аномальными концентрациями олова, свинца, меди, цинка и некоторых других элементов. По результатам интерпретации полученных данных было выделено три аномалии, характеризующие боратовый, и две — турмалиновый типы борного оруденения. Остальные аномалии отнесены к безрудным. Проверкой горными выработками подтверждено наличие предполагаемого оруденения. На четырех участках с аномальными содержаниями бора, отнесенными к безрудным, борной минерализации не установлено. Наиболее эффективным методом интерпретации и разбраковки аномалий оказался метод кислотных вытяжек. Комплексование геохимических методов с другими поисковыми методами и в частности с геофизическими позволило локализовать рекомендуемые участки для вскрытия горными выработками.

Э. Н. БАРАНОВ, В. С. ПОЛИВАНОВ, И. А. ПУРИК

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ СКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ

В результате опытно-методических работ, проведенных на Маднеульском и других месторождениях Юго-Восточной Грузии, в 1964—1967 гг. были установлены следующие основные геохимические предпосылки (критерии) поисков скрытого колчеданного оруденения:

1. Геохимические ореолы комплексного состава (медь, цинк, свинец, барий, серебро, молибден, мышьяк) в коренных породах,

рыхлых отложениях и почвах являются прямыми признаками проявлений полиметаллического и медноколчеданного оруденения.

2. Глубинность геохимических поисков скрытого оруденения по эндогенным ореолам превышает 200 м, достигая 500 и более метров.

3. При близости элементного состава ореолы медноколчеданных и полиметаллических проявлений резко отличаются величинами содержаний основных рудообразующих элементов и их отношениями. Типоморфными элементами-индикаторами ореолов медноколчеданных проявлений являются медь, молибден и кобальт, а ореолов полиметаллических проявлений — барий, свинец, цинк.

4. Эндогенные геохимические ореолы обладают вертикальной зональностью, которая обусловлена резкой дифференциацией элементов в вертикальном разрезе и в принципе выражается следующим рядом элементов (по положению уровней абсолютных и относительных максимальных концентраций (снизу вверх): кобальт, молибден — медь — цинк — свинец — барий. Рудные тела различного состава размещаются в зональной колонне ореола закономерно — на уровне соответственно основного рудообразующего элемента; медноколчеданные — на уровне ореолов меди, полиметаллические — цинка и свинца и баритовые — бария.

Все это позволяет уверенно определять уровень пересечения (в частном случае, эрозионного среза) ореола, а при знании градиента показателей зональности прогнозировать возможную глубину залегания рудных тел определенного состава.

5. Экзогенные геохимические ореолы элементов-индикаторов в рыхлых отложениях и почвах наследуют состав «исходных» эндогенных ореолов. В ландшафтно-геохимических условиях района при мощности элювиально-делювиальных отложений до 3—5 м ореолы в почвах развиваются непосредственно над эродированными эндогенными ореолами без существенных смещений относительно последних вниз по склону (даже в условиях резко расчлененного рельефа). При этом соотношения содержаний элементов в экзогенных ореолах четко коррелируют с аналогичными соотношениями в «исходных» эндогенных ореолах. Ореолы в почвах над выходами рудных тел и эндогенных ореолов проявляются и при большой мощности перекрывающих, в том числе и аллохтонных отложений (до 50 м, в исключительных случаях до 100—200 м).

Оценка эндогенных геохимических ореолов в отношении типа оруденения и уровня эрозионного среза, может производиться по параметрам экзогенных ореолов в почвах только при мощности элювиально-делювиальных отложений до 3—5 м. При большей мощности перекрывающих отложений и, в особенности при появлении аллохтонных отложений, ореолы в почвах могут указывать на наличие выходов эндогенных ореолов, но они не информативны в отношении уровня их эрозионного среза.

6. Основным видом поверхностных геохимических поисков

скрытого оруденения в ландшафтных условиях Юго-Восточной Грузии являются геохимические поиски по экзогенным ореолам в почвах, которые позволяют надежно выявлять геохимические аномалии над эродированными эндогенными ореолами и рудными телами на площадях с мощностью рыхлых отложений до 5—10 м. При большей мощности рыхлых отложений (до 50 м) выявление перекрытых эндогенных ореолов по экзогенным аномалиям в почвах возможно, но менее надежно.

Представительным горизонтом опробования почв является гумусовый горизонт (A_2), глубина опробования 5—10 см.

Применение геохимических методов позволило изменить методику поисков скрытого колчеданного оруденения в районе: отказаться от проведения глубокого поискового бурения по редкой сети на больших по площади перспективных участках, выделяемых по геологическим критериям, и перейти к разбуриванию небольших по площади (локальных) перспективных геохимических ореолов, в пределах которых на глубине наиболее вероятно наличие промышленно интересных рудных тел. Проведение почвенно-геохимических поисков и интерпретация выявленных геохимических аномалий на основе установленных критериев позволяет дать оценку изученной площади на скрытое оруденение на значительную глубину (до 200 м и местами более) и выделить локальные перспективные участки.

Геохимические поиски скрытого оруденения проведены в 1966—1971 г.г. в Маднеульско-Поладаурской и Локской рудных зонах на площади 700 кв. км. Основным видом поисковых работ являлись почвенно-геохимические поиски м-ба 1:10 000 (на флангах известных месторождений и на участках рудопроявлений) и м-ба 1:25 000—1:50 000 (на остальной площади). В результате выполненных работ выделены многочисленные геохимические аномалии, а среди них — перспективные для обнаружения скрытого оруденения аномалии комплекса надрудных элементов-индикаторов. Поисковыми скважинами на ряде выделенных перспективных участков в пределах Маднеульско-Поладаурской рудной зоны (Абульмульская аномалия, фланги месторождения Давид-Гареджи, Мушеванская и Хачинская аномалии, аномалии в Дарбази-Мусопринанской зоне) вскрыты проявления рудной минерализации и рудные тела, представляющие промышленный интерес. В Локской рудной зоне на участке Баритисхеви установлены геохимические аномалии, обусловленные проявлениями медно-молибденового оруденения в эндо и экзоконтактах Поладаурского гранитоидного массива. Выявление этой новой для Юго-Восточной Грузии рудной формации значительно расширяет перспективы района.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКЗОГЕННЫХ ОРЕОЛОВ СКРЫТО-ПОГРЕБЕННЫХ МЕДНО-КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНЫХ МУГОДЖАР

Северные Мугоджары являются примером сильно закрытого района со сложным строением рыхлого чехла, перекрывающего эродированные и скрытые медноколчеданные месторождения. В разрезе рыхлых отложений выделяется толща древней коры выветривания (30—40 м) и более молодые аллохтонные отложения до 15 м).

Строение профиля коры выветривания обусловлено пространственным наложением минимум трех крупных этапов выветривания:

1) триас-юрского с преимущественным развитием слабощелчных процессов восстановительного типа (в разрезе коры — иллит — хлорит — каолиновые породы с сохранившимися первичными сульфидами).

2) олигоцен-миоценового с преимущественным развитием кислых окислительных процессов (в разрезе — каолиновые породы с гидроокислами железа). С этим этапом связано также формирование горизонтов вторичного сульфидного обогащения в корях выветривания и зонах окисления.

3) палеогенового с преимущественным развитием щелочных слабовосстановительных процессов (иллитизация, хлоритизация и эпигенетическое окремнение кор выветривания).

Аллохтонные отложения неоген-четвертичного возраста в нижней части разреза — глинистые, в верхней — песчано-супесчаные. Для них характерна карбонатность, реже гипсоносность эпигенетического типа. По ним развиты темнокаштановые почвы.

Геохимические особенности экзогенных ореолов обусловлены генетическим типом рыхлых отложений и их литолого-геохимическими особенностями.

В образованиях древней коры выветривания над эродированными рудными телами и первичными ореолами большая часть элементов-индикаторов (медь, цинк, кобальт, молибден, серебро, мышьяк, свинец) образует контрастные ореолы. Однако в ходе длительной и интенсивной гипергенной переработки эндогенного ореола происходит значительное перераспределение элементов и ореолы в корях выветривания приобретают в основном эпигенетический наложенный характер.

В горизонтах коры выветривания восстановительного типа по сравнению с эндогенными ореолами концентрируются цинк и медь, слабо выносятся кобальт, серебро, мышьяк и интенсивно — молиб-

ден и свинец. В горизонтах коры выветривания окислительного типа концентрируются молибден, мышьяк, серебро и, эпизодически, медь и цинк.

Наибольшая концентрация меди, серебра, эпизодически кобальта, проявлена на участках вторичного сульфидного обогащения, локально развитых на границе горизонтов окислительного и восстановительного типа.

В аллохтонных образованиях и почвах наложенные экзогенные ореолы выявляются практически только путем фазового химического анализа. В их составе установлены медь, цинк, кобальт, молибден и мышьяк. Ореолы меди, цинка и кобальта очень широки и распространяются далеко (сотни метров) за контуры эндогенных ореолов. Ореолы мышьяка и молибдена обычно более локальны и развиваются в непосредственной близости от рудоносных зон.

Наиболее контрастные наложенные ореолы связаны с органоминеральными соединениями и карбонатами, играющими небольшую роль в общем балансе элементов в породах и почвах. Основной запас элементов сосредоточен в гидроокислах железа и глинистых минералах, однако контрастность аномалий, связанных с этими формами нахождения невелика.

Ореолы, связанные с карбонатами (медь, цинк, кобальт и мышьяк), наиболее контрастны в аллохтонных отложениях. Ореолы, связанные с органоминеральными соединениями (цинк I, медь и мышьяк), проявлены преимущественно в гумусовых горизонтах почв.

Полученные материалы показывают, что в районах с широким развитием древних кор выветривания и перекрывающего аллохтонного чехла очень широко развиты наложенные ореолы.

Поиски месторождений могут в этих условиях проводиться в двух вариантах:

1. Почвенно-геохимическим методом, что требует для выявления ореолов использования фазового химического анализа (пока еще дорогостоящего и технологически слабо разработанного).

2. Глубинными методами с бурением скважин до автохтонного покрова — коры выветривания, что позволило выявлять ореолы по данным спектральных анализов.

При интерпретации выявляемых аномалий следует учитывать гипергенную зональность элементов, определяемую лито-генетическим и геохимическим типом пород. В частности, перераспределение элементов может привести к завышению уровня эрозионного среза при оценке данных опробования в зонах окисленных пород и занижению — для зон восстановления.

ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОРЕОЛЫ МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МОЛОДЕЖНОГО РУДНОГО РАЙОНА (Ю. УРАЛ) И ИХ ПОИСКОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Изучение экзогенных геохимических ореолов медноколчеданных месторождений Молодежного рудного района, в котором расположены месторождения Озерное, Узельгинское, Новое, Молодежное и имени XIX Партсъезда, проводилось в связи с проблемой оценки металлометрических аномалий, выявленных в прошлые годы на площадях, характеризующихся большой мощностью коры выветривания и чехла перекрывающих рыхлых отложений.

Молодежный рудный район сложен вулканогенными породами нижнего среднего девона: липарит-дацитовыми порфирами, андезит-дацитовыми, андезитовыми и андезит-базальтовыми порфиритами, их туфами и брекчиями. Медноколчеданное оруденение представлено как скрытыми (на глубинах 100—500 м), так и выходящими на эрозионную поверхность рудными телами. Скрытые рудные тела сопровождаются эндогенными ореолами комплексного состава, прослеживающимися до уровня эрозионного среза.

Кора выветривания по породам кислого состава и гидротермальным метасоматитам представлена белыми каолиновыми глинами, либо щебенито-дресвянистым обеленным материалом кварц-каолинового и кварц-гидрослюдистого состава, а по основным и средним — каолинит-галлуазитовыми бесструктурными глинами. Мощность ее достигает 10—30 м. Перекрывающие рыхлые отложения сложены, главным образом, известковыми суглинками мощностью 5—10 м.

В местах выхода на эрозионную поверхность колчеданных рудных тел и зон сульфидной вкрапленности, с которыми связаны эндогенные геохимические ореолы, коры выветривания и чехол перекрывающих рыхлых отложений имеют специфическую особенность: в зоне окисления рудных тел образуются железные шляпы, а эндогенных ореолов — линейные или гнездовые зоны гидроокислов железа, в глинистой или кварц-гидрослюдистой коре сопровождающиеся формированием карстовых депрессий. В последних отлагаются краснобурые охристые глины, песчанистые глины, бурые глины с бобовником гидроокислов железа и марганца общей мощностью 20—40 м. Мощность рыхлых перекрывающих отложений над месторождениями и эндогенными ореолами 5—15 м.

Анализ геолого-геохимических разрезов месторождений, а также карт геохимических аномалий в коренных породах, коре выветривания, рыхлых отложениях и почвах на площади около 200 кв. км. позволил установить, что геохимические ореолы большинства элементов-индикаторов (свинца, бария, серебра, мышьяка, цинка и меди)

прослеживаются через весь разрез коры. Максимальные концентрации элементов-индикаторов приурочены к участкам с интенсивным развитием гидроокислов железа. Площадь геохимического ореола в коре выветривания (зоне окисления) соизмерима с площадью эндогенного ореола, а морфология его определяется приуроченностью к тем элементам структуры месторождения, которые определяют размещение эндогенного ореола.

Геохимические ореолы в осадочных отложениях карстовых депрессий, в перекрывающих суглинках, а также в почвах, в свою очередь, пространственно четко наследуют ореолы в коре выветривания (зоне окисления), совпадая в плане с проекцией выходов эндогенных ореолов на эрозионную поверхность. Площадь экзогенного ореола, как правило, ограничивается площадью развития осадочных отложений депрессии.

Формирование экзогенных ореолов в перекрывающих кору рыхлых отложениях происходило как в период накопления и становления осадка (образование высокоаномальных концентраций в осадочных отложениях депрессий), так и в результате последующих эпигенетических процессов, обязанных активности грунтовых вод (высокоаномальные содержания элементов-индикаторов в карбонатных конкрециях, в глинах депрессий и суглинках). Это обусловило распространение геохимических ореолов во всей толще рыхлых отложений.

Образование карстовых депрессий на рудных телах и эндогенных ореолах определило унаследованную природу экзогенных ореолов рассеяния, заключающуюся в их качественной (элементной) тождественности эндогенным ореолам. Однако гипергенные процессы в условиях кислых растворов существенно изменили соотношения параметров ореолов отдельных элементов, сложившиеся в эндогенном ореоле. За пределами депрессий, образовавшихся в местах выхода на эрозионную поверхность рудных тел или интенсивных эндогенных ореолов, распределение элементов-индикаторов в коре выветривания и толще рыхлых перекрывающих отложений недостаточно изучено.

Таким образом, в ландшафтно-геохимических условиях, аналогичных Молодежному рудному району, геохимические поиски по экзогенным ореолам рассеяния позволяют фиксировать рудные проявления (рудные тела или эндогенные ореолы) в коренных породах при мощности коры выветривания до 30 м и чехла рыхлых перекрывающих отложений до 50 м.

Критерием рудогенной природы экзогенной геохимической аномалии является высокая ее интенсивность ($>Ca_3$) и поликомпонентный состав.

Из сказанного вытекают следующие методические рекомендации: перед началом полевых поисковых работ, пользуясь указанными выше критериями, необходимо производить интерпретацию всех выявленных предшествующими металлометрическими поисками геохимических аномалий. В связи с трансформацией параметров эндогенного ореола в зоне гипергенеза (экзогенным ореолом не насле-

дуются параметры эндогенного ореола субстрата) окончательную оценку площади развития экзогенной геохимической аномалии целесообразно проводить только по эндогенному ореолу (аномалии).

Э. Н. БАРАНОВ, А. С. ГОЛДИН, В. Н. ЛАЗАРЕВ,
В. С. ПОЛИВАНОВ и Ю. Е. САЕТ

К ВОПРОСУ О ГЛУБИННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ ПЕРЕКРЫТЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Основным методом геохимических поисков рудных месторождений, перекрытых чехлом дальнепринесенных рыхлых отложений, в настоящее время являются глубинные литохимические поиски по экзогенным погребенным ореолам рассеяния.

Метод заключается в бурении скважин, пересекающих аллохтонный чехол с геохимическим опробованием представительного горизонта, расположенного в погребенных автохтонных образованиях. Этим горизонтом обычно является пестроцветный горизонт древней коры выветривания или элювио-делювий. Выполнение таких поисков связано с значительными затратами средств. Вместе с тем опыт работ во многих рудных районах показывает, что над глубоко погребенными месторождениями или их эндогенными ореолами в почвах часто устанавливаются отчетливые геохимические аномалии. В ряде случаев эти аномалии весьма контрастны и выявляются даже при спектральном определении элементов-индикаторов. В других — по данным валового определения элементов они не устанавливаются, однако, как показывает опыт, аномалии в этих случаях обычно могут быть уверенно выделены по результатам фазового химического анализа, извлекающего наложенную эпигенетическую составляющую рассеяния. Многочисленные примеры проявления геохимических ореолов в почвах при значительной мощности рыхлых отложений установлены для перекрытых колчеданных месторождений.

Над Южной залежью Гайского медноколчеданного месторождения (Южный Урал), перекрытой мезокайнозойскими отложениями мощностью 40—60 м, из которых горизонты неогеновых глин и четвертичных суглинков составляют 25—35 м, методами спектрального анализа в почвах выявлены отчетливые ореолы широкого комплекса элементов-индикаторов (медь, цинк, свинец, серебро, кобальт, молибден). Максимальной аномальностью обладает ореол молибдена.

В подстилающих суглинках по данным спектральных анализов ореолы не выявляются. Ниже по разрезу, в глинах и корах выветривания они вновь хорошо проявлены.

В Молодежном рудном районе (Южный Урал) геохимические ореолы комплексного состава в почвах установлены непосредственно над выходами эндогенных ореолов скрытого Озерного медноколчеданного месторождения при мощности аллохтонного покрова четвертичных глин и суглинков 20—35 м, над выходами эндогенных ореолов Молодежного медноколчеданного месторождения при мощности глин и суглинков 20—40 м и на Ялшанском участке — при мощности глин и суглинков 20—35 м. Они выявлены путем спектрального анализа почв и представлены аномалиями цинка, меди и молибдена. Свинец, образующий интенсивные эндогенные ореолы, в почвах в аномальных концентрациях практически не фиксируется.

В Рубцовском рудном районе (Рудный Алтай) геохимические аномалии меди и цинка, в почвах проявлены над эндогенным ореолом скрытого Таловского полиметаллического месторождения, перекрытого чехлом лессовидных суглинков мощностью до 40—50 м. По площади и морфологии они соответствуют выходам эндогенных ореолов. Эти аномалии устанавливаются только по результатам определения элементов в сулянокислых вытяжках, а спектральным анализом не выявляются.

В Маднеульско-Поладаурской рудной зоне (Юго-Восточная Грузия) локальные по площади, но интенсивные (коэффициент аномальности 3—5, до 10) аномалии меди, а также слабо интенсивные аномалии молибдена в почвах установлены непосредственно над выходом главного рудного тела Цителсепельского медноколчеданного месторождения перекрытого аллювиально-пролювиальными отложениями мощностью до 100—200 м. Факт наличия этих аномалий подтвержден повторным опробованием. Ореолы меди, цинка и свинца низкой интенсивности зафиксированы в почвах над выходами эндогенных ореолов при мощности перекрывающих рыхлых отложений до 30—50 м на Баличском рудопоявлении и на западном фланге Квемо-Болнисского месторождения. Пробы почв во всех этих случаях анализировались спектрально.

В Северных Мугоджарах над скрыто-перекрытыми медноколчеданными месторождениями (50 лет Октября, Приорское, Кызыл-Кибача) в перекрывающих рыхлых отложениях и почвах (общая мощность 60 м) установлены экзогенные ореолы меди, цинка, кобальта, молибдена, мышьяка и серебра. По данным спектрального анализа ореолы выявляются только в образованиях древней коры выветривания. В четвертичных аллохтонных отложениях и почвах широкие наложенные ореолы выявлены только после фазового химического извлечения продуктов эпигенетических изменений пород. Ореолы отличаются небольшими абсолютными содержаниями элементов, но вполне контрастны. Характерна гипергенная зональность распределения элементов по формам нахождения: в нижней части рыхлой толщи наиболее контрастны ореолы, связанные с окислами и гидроокислами железа, в средней — с карбонатами, в верхней (особенно в почвах) — с органо-минеральными соединениями.

Рассмотренные примеры наблюдались в ландшафтных условиях степной (Гайское, Таловское, Северные Мугоджары месторожде-

ция), лесостепной (Молодежный район) и горно-лесной (Маднелско-Поладаурский район) зон.

Критическая мощность аллохтонного покрова, при которой в почвах над перекрытыми рудными телами и эндогенными ореолами проявляются надрудные аномалии, достигает 40—50 м, а в случае Цителсопельского месторождения — 100—200 м.

Элементный состав ореолов закономерно изменяется в зависимости от мощности аллохтонных рыхлых отложений: при малой мощности (первые метры) в ореолах устанавливается широкий комплекс элементов-индикаторов, при больших мощностях в почвах проявляются в первую очередь аномальные концентрации таких элементов, как медь, цинк и молибден.

Механизм образования наложенных геохимических аномалий в аллохтонных отложениях и почвах во многом еще не ясен. Наложенные ореолы над эродированными рудными телами и эндогенными ореолами образуются в результате диффузии, фильтрации и капиллярного подъема растворенного рудного вещества. Наиболее универсальным механизмом их формирования является диффузия растворимого вещества по порам рыхлых пород. Как показали расчеты П. Л. Антонова (1964), В. С. Голубева (1968) дальность диффузионной миграции может достигать первых сотен метров. Поэтому глубинность поверхностных литохимических поисков перекрытых месторождений, по существу, определяется тем максимальным расстоянием от рудного «источника», на котором диффундирующее вещество еще не может быть обнаружено и отдельно от фоновой составляющей существующими методами анализа.

Концентрация элементов из фильтрующихся подземных и грунтовых вод может быть обусловлена разнообразными процессами, важнейшими из которых являются:

1. Сорбция и ионный обмен (на глинистых минералах, гидроокислах и органическом веществе).
2. Осаждение на карбонатном барьере (при выпадении из растворов карбонатов или при их взаимодействии с карбонатными породами).
3. Осаждение на окислительном барьере (соосаждение элементов с гидроокислами железа и марганца).
4. Осаждение на восстановительном барьере (образование сульфидов в средах, обогащенных сероводородом).
5. Осаждение на щелочно-кислотном барьере (соосаждение с гидроокислами алюминия и кремния).
6. Осаждение в результате выпадения в осадок при испарительной концентрации.
7. Биологическое накопление.

Вероятнее всего наложенные ореолы развиваются во всем разрезе, перекрывающем толщи рыхлых образований. Однако благоприятные условия для концентрации элементов и наличие гипергенной зональности форм нахождения могут привести к видимому пространственному разрыву между аномалией в почвах и ее первичным источником. Большое практическое значение поверхностных геохими-

ческих поисков перекрытых месторождений несомненно. Применение их позволило бы значительно снизить стоимость поисковых работ. Глубинные литогеохимические поиски по экзогенным и эндогенным ореолам с широким применением буровых работ должны применяться, в основном, для оценки выявленных аномалий в почвах. Вместе с тем, необходимо отметить, что вопросы поисков перекрытых месторождений пока еще разработаны слабо. Для практической реализации высказанных положений необходимо провести методические и опытно-производственные работы по поверхностным геохимическим поискам перекрытых рудных месторождений в различных ландшафтно-геохимических условиях с широким применением высокочувствительных экспресс-методов фазового химического анализа проб.

А. С. ГОЛДИН

О НЕКОТОРЫХ ОСНОВНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ИХ ЭКЗОГЕННЫМ ОРЕОЛОМ

За последнее время, в связи с расширением поисков в труднодоступных районах (залесенных, заболоченных и т. п.) и необходимостью выявления перекрытых и скрытых месторождений, — рассматриваемый метод поисков приобретает особое значение. Однако, не все основные положения метода достаточно разработаны. Среди них следует назвать:

Определение генетических связей между экзогенными и эндогенными ореолами и учет этих связей при оценке геохимических аномалий, выявляемых в почвах и рыхлых отложениях, а также и степени влияния ландшафтно-геохимических условий на состав и уровень концентрации рудных элементов в экзогенных ореолах.

2. Установление оптимальной мощности рыхлых перекрывающих отложений, разного лито-генетического типа, при которой рационально проводить поиски рудных месторождений по экзогенным ореолам.

Определение генетической связи между экзогенными и эндогенными ореолами необходимо для установления геологической достоверности выявленных геохимических аномалий. Эта связь прежде всего проявляется в единстве состава типоморфных элементов экзогенных и эндогенных ореолов и в ряде случаев в соответствии их контуров в пространстве.

Исследование эндогенных и экзогенных ореолов Маднеульского баритополиметаллического месторождения (коренные породы — туфы, горнолесные бурые почвы), бериллиевого (аногранитах и грейзнах) и некоторых других месторождений позволило установить:

1. Идентичность состав типоморфных элементов;

2. Четкую приуроченность контуров экзогенных ореолов меди, цинка, свинца, молибдена, бериллия, лития и других элементов по горизонтам почвы A_1 , B (BC), C^* к контурам развития эндогенных ореолов. По всем указанным элементам, исключая молибден, отмечается, что эпицентр выявленных экзогенных геохимических аномалий находится на участке выхода рудных тел на современную эрозионную поверхность.

Влияние ландшафтных условий на формирование экзогенных ореолов устанавливается путем прослеживания их связи с мезо и микрорельефом. Рельеф оказывает влияние на смещение, главным образом, механической составляющей экзогенных ореолов. Вместе с тем, необходимо подчеркнуть незначительность масштабов такого перемещения из-за наличия процесса противоположно направленного — возобновления экзогенных ореолов даже на крутых склонах благодаря продолжающейся дезинтеграции рудного тела или эндогенного ореола, выходящего на современную поверхность.

В теории и практике геохимических методов поисков многими исследователями принимается положение о геохимической экранирующей «способности» рыхлых отложений разного литологического состава и возраста, когда их мощность превышает 10 м. При этом считается, что рудные тела, выходящие или не выходящие на эрозионную поверхность и их эндогенные ореолы рассеяния не находят дальнейшего развития в гипергенной зоне, и поэтому метод поисков рудных месторождений по экзогенным ореолам рассеяния не пригоден. В этом случае рекомендуется переходить на глубинные геохимические поиски.

Вместе с тем, в литературе постепенно накапливаются факты об успешном применении метода поисков по экзогенным ореолам рассеяния в условиях большой мощности, перекрывающих рыхлых отложений (Малюга Д. П., 1963 и др.). Нами в методических целях изучалась возможность применения почвенно-геохимического метода в указанном направлении. В качестве объекта исследований было избрано Озёрное медно-колчеданное месторождение (Южный Урал). Рудная залежь «слепая» и находится на глубинах, превышающих 100 м. Мощность рыхлых отложений, представленных четвертичными суглинками, глинами и корой выветривания достигает 35 м. Почвы представлены выщелоченными черноземами. Изучение распределения рудных элементов в коренных породах, рыхлых отложениях и в почвах по вертикальному разрезу показало, что эндогенные ореолы рассеяния выходят на древний и современный эрозионные срезы и трансформируясь, образуют экзогенные ореолы рассеяния (медь, цинк, молибден, кобальт и менее выразительные данные по свинцу и бария). Несмотря на это, в настоящее время еще преждевременно делать далеко идущие выводы относительно применения почвенно-геохимического метода для подобных геологических условий.

* Ландшафт полупустынный, почвы светло-коричневые.

Из приведенного примера следует, что в благоприятной геологической обстановке наличие разрывных нарушений, выход эндогенных ореолов рудных элементов на уровень эрозионного среза и др. (почвенно-геохимический метод может успешно применяться при поисках рудных месторождений.

В. И. МОРОЗОВ

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ С ЦЕЛЬЮ ВЫЯВЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ СКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Проблема разбраковки и интерпретации экзогенных геохимических аномалий является одной из актуальных проблем практики геохимических поисков. Известно, что в целом по стране ежегодно отбираются миллионы металлометрических проб и по результатам их анализа выявляются многие тысячи геохимических аномалий. С ростом технической и аналитической оснащенности геохимических работ возросло и количество ежегодно выявляемых аномалий, поскольку мы научились оконтуривать даже наиболее слабоконтрастные из них. А вот с методами интерпретации этих аномалий дело обстоит значительно сложнее. До сих пор основными критериями, по которым производится интерпретация вторичных геохимических аномалий, являются размеры, интенсивность, а также линейные продуктивности экзогенных ореолов элементов, являющихся основными компонентами руд. Этот принцип закреплен в действующей инструкции по геохимическим методам поисков (1965), согласно которой наиболее перспективной аномалией считается та, которая имеет максимальные значения указанных выше параметров.

Подобный подход к интерпретации вторичных ореолов рассеяния оправдал себя в первые годы широкого развития геохимических методов, когда фонд «легкооткрываемых» (вскрытых эрозионными процессами) месторождений был еще достаточно велик. Сейчас, когда большая часть площадей пригодных для поисков по экзогенным ореолам уже покрыта кондиционными геохимическими съемками, дополнительный прирост запасов по большинству металлов может быть получен только лишь за счет обнаружения вскрытых на глубине рудных тел, количество которых значительно превышает количество месторождений, вскрытых эрозионным циклом (Овчинников, Григорян, 1972). Как известно, для выявления скрытого оруденения по экзогенным ореолам на практике используют соотношения (парные или групповые) линейных продуктивностей элементов индикаторов, формирующих свои ореолы на различных уровнях относительно рудного интервала, в соответствии с единым рядом верти-

кальной зональности. Этот методический прием может использоваться и для оценки уровня эрозионного среза экзогенных геохимических аномалий. Однако, тут необходимо учитывать влияние гипергенного перераспределения различных элементов и особенности их миграции в ландшафтно-климатических условиях каждого района работ.

Исследования, проведенные нами в Закавказье и в Рудном Кармазаре, показали, что в ландшафтах элювиального ряда при мощности рыхлых делювиальных образований не более 1—1,5 м экзогенные ореолы рассеяния адекватны своим первичным аналогам как по элементному составу, так по конфигурации (особенно в области полей высоких концентраций).

Тесная корреляция между эндогенными и экзогенными ореолами устойчиво устанавливается при использовании таких параметров как средние содержания, линейные продуктивности и их различные соотношения. Более надежно указанная корреляция устанавливается при сравнении параметров ореолов по нескольким элементам.

Еще одним универсальным параметром, позволяющим установить взаимосвязь эндогенных и экзогенных ореолов является так называемый «мультипликативный показатель», представляющий собой соотношение произведений линейных продуктивностей ореолов элементов, характерных для различных частей окорудного пространства. Использование мультипликативных соотношений позволяет по данным изучения экзогенных ореолов достаточно уверенно оценивать относительный эрозионный срез эндогенных ореолов и оценивать их перспективы на наличие скрытого на глубине оруденения. При этом, наиболее эффективные результаты могут быть достигнуты при сравнении параметров интерпретируемых аномалий с данными по эталонным разрезам на различных месторождениях, расположенных в аналогичной ландшафтно-геохимической обстановке.

Контрастность мультипликативных соотношений очень велика, причем различным по характеру геохимическим аномалиям (подрудные аномалии для полиметаллов, надрудные для медновисмутowego оруденения и т. д.) соответствуют различные по абсолютной величине мультипликативные показатели. Указанная особенность позволяет нам (по аналогии с эндогенными ореолами) оценивать не только уровень эрозионного среза аномалии и глубину возможного залегания слепых рудных тел, но также и минеральный состав предполагаемого на глубине оруденения.

Изучение особенностей миграции основных элементов-индикаторов в зоне гипергенеза показало, что по степени относительной подвижности эти элементы выстраиваются в следующий ряд: цинк-кобальт-молибден-медь-свинец-серебро-вольфрам-барий. В начале ряда стоят более подвижные, в конце ряда менее подвижные элементы. Особенности гипергенной миграции различных элементов, установленные нами для этих районов, не противоречат данным, приводимым в литературе, и должны учитываться при интерпретации экзогенных ореолов рассеяния.

При более значительных мощностях перекрывающих рыхлых от-

ложений (5—10 м и более) степень корреляции между эндогенными и экзогенными ореолами постепенно уменьшается и для интерпретации геохимических аномалий в этих условиях нужны дополнительные данные (характер литолого-геохимического строения разреза рыхлых образований, сведения о подвижных в подобных условиях формах нахождения элементов и т. д.).

В. С. ПОЛИВАНОВ

О ВЛИЯНИИ МЕСТНЫХ ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ В ПОЧВАХ НА ПРИМЕРЕ УСЛОВИЙ МАДНЕУЛЬСКО-ПОЛАДАУРСКОЙ РУДНОЙ ЗОНЫ В ГРУЗИИ

Маднеульско-Поладаурская рудная зона находится в пределах группы широколиственных лесов Малого Кавказа с горно-лесными бурыми и горно-коричневыми почвами, характеризующимися слабой степенью выщелоченности по профилю. Типичен резко расчлененный рельеф с превышениями от 200 до 600 м. Мощность покрова элювиально-делювиальных отложений колеблется от 1 до 5 метров, достигая в днищах распадков 10—15 метров. Широкие долины магистральных рек заполнены аллювиальными и пролювиальными отложениями мощностью от 30 до 200 м.

В пределах группы широколиственных лесов на высотах от 1800 до 1000 м (по классификации А. И. Перельман) выделяются семейства дубово-грабинниковых редкостойных лесов, приуроченных к горным склонам с недостаточным обеспечением влаги, дубово-буковых и буковых лесов увлажненных склонов. В предгорьях и широких межгорных долинах на высотах ниже 1000 м, выделяются группы лесостепных и ксерофитных кустарниковых ландшафтов, а на верхней границе лесной группы на высотах более 1800 м — группы лесолуговых ландшафтов. Для лесолуговых и лесных ландшафтов буковых лесов характерен кислый класс водной миграции, а для дубово-грабинниковых и лесостепных ландшафтов — переходный класс от кислого к кальциевому.

Выделяются элювиальные ландшафты хребтов и плоских водораздельных поверхностей с маломощными и скелетными горнолесными бурыми почвами, трансэлювиальные со смытыми почвами и неозэлювиальные ландшафты крупных речных долин на аллохтонных наносах.

Проведенными работами установлено, что почвенно-геохимический метод поисков по умусовому горизонту может успешно применяться в ландшафтно-геохимических условиях Юго-восточной Грузии для поисков скрытого медно-колчеданного оруденения. В почвах при

мощности элювиально-делювиальных отложений до 10 м, в тесной пространственной связи с выходами рудных тел и эндогенных ореолов устанавливаются ореолы бария, цинка, свинца, меди, молибдена, кобальта и серебра. Распределение элементов-индикаторов по профилю горно-лесных бурых и горно-коричневых почв равномерно.

В почвах на безрудных участках концентрация меди, цинка, молибдена близка к таковой в подстилающих коренных породах, а свинец, кобальт и барий в почвах накапливаются больше в 2—4, 4—6 и 8—22 раза. При этом, резкие различия в коэффициентах концентрации отмечаются для почв, развитых в различных ландшафтах: минимальные значения соответствуют почвам трансэлювиальных ландшафтов, семейства дубово-грабинниковых лесов, а максимальные — трансэлювиальным ландшафтам семейств дубово-буковых и буковых лесов и неоэлювиальным ландшафтам лесостепной группы.

В гумусовом горизонте почв, развитых в пределах рудных полей, уровень концентрации свинца, меди, цинка и молибдена, как правило, значительно ниже (в 2—4 раза) их концентрации в эндогенных ореолах. Кобальт и барий концентрируются на уровне, близком к уровню эндогенного ореола.

Контрастность почвенно-геохимических аномалий варьирует в зависимости от местных ландшафтных условий. В трансэлювиальных ландшафтах семейства дубово-грабинниковых лесов, для которых характерны смыве, скелетные разновидности горно-лесных бурых и горно-коричневых почв, контрастность аномалий меди, цинка, свинца и молибдена в 2—5 раз ниже, чем для того же рода семейства дубово-буковых лесов, где характерны горно-лесные бурые и коричневые почвы с хорошо развитым почвенным профилем.

Экзогенные ореолы в гумусовом горизонте, развитые над выходом на эрозионную поверхность эндогенного ореола, связанного с рассеянной минерализацией, не смещаются вниз по склону даже при крутизне до 35° для всех родов трансэлювиальных ландшафтов, что обусловлено быстрым разубоживанием почвенного материала, обогащенного рудными элементами, при его перемещении вниз по склону.

В условиях крутого склона аномалия сохраняется лишь благодаря интенсивным постоянно обновляющим ее почвообразовательным процессам.

В элювиальных ландшафтах хребтов и плоских водораздельных пространств контрастность ореолов в почвах значительно выше, чем на склонах, в особенности по свинцу в 6 раз, молибдену, кобальту и барию — в 1,5—2 раза.

В неоэлювиальных ландшафтах лесостепной группы, развитых на аллохтонных отложениях, перекрывающих эндогенный ореол, при мощности наносов в 10—30 м выявляются экзогенные ореолы меди, цинка, свинца, молибдена, кобальта и бария с контрастностью 1,3—2,4; при мощности отложений до 30—50 м — ореолы меди, цинка и кобальта с контрастностью 1,3—2,0 (Западный фланг месторождения Квемо-Болниса), при мощности от 50 до 200 м в почвах

выявлен лишь ореол меди контрастностью — 1,4. (Месторождение Цители-Сопели).

Различная степень концентрации рудных элементов в почвах различных ландшафтов может существенным образом изменить количественные соотношения элементов-индикаторов. В связи с этим возникает необходимость учета этих различий на стадии интерпретации выявленных почвенно-геохимических аномалий. Для этого следует выделять основные указанные выше таксономические разновидности ландшафта и в их пределах производить оценку аномалий.

Г. С. МАКУНИНА

ОСОБЕННОСТИ ГЕОХИМИИ ЗОНЫ ГИПЕРГЕНЕЗА ЮЖНОТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕГО УРАЛА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ПОИСКАХ МЕДНО-КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Исследования проводились в южнотаежных ландшафтах Кабанской рудоносной полосы как на участках с медно-колчеданным оруденением, так и на заведомо безрудных площадях.

Сопряженный анализ распределения элементов-индикаторов в коренных породах рудоносного комплекса, древних корах выветривания, рыхлых отложениях и почвах позволил установить основные закономерности геохимии элементов-индикаторов в зоне гипергенеза разных геохимических ландшафтов.

По уровню концентраций меди, цинка, кобальта, ванадия, хрома и никеля наиболее существенно отличаются древние коры выветривания, характерные для ландшафтов сильно выположенных склонов. Химический состав кор выветривания формируется не только в процессе выветривания коренных пород, но и в результате привноса органико-минеральных веществ из почв и делювия. Значительное влияние на гипергенное перераспределение в коре выветривания меди, кобальта и бария оказывает характер эпигенетической обстановки: в ландшафтах склонов на участках, примыкающих к массивам торфяных болот, содержание в коре меди увеличивается в 3 раза, кобальта — в 4,4 раза, бария — в 1,5 раза. Концентрации цинка, свинца и ванадия практически не изменяются. В оглеенных корах под торфяными болотами меди и кобальта также больше, чем в кислых корах склонов: меди — в 2—2,5 раза, кобальта — в 5—6 раз.

В разных геохимических ландшафтах глинистый делювий, перекрывающий коры выветривания, отличается, в основном, по уровню концентраций бария и никеля, которых в 2—2,5 раза больше в делювии ландшафтов на эффузивно-осадочных породах по сравнению с делювием ландшафтов на сланцах. Вариации содержаний меди,

цинка, ванадия, свинца и хрома незначительны. Под влиянием кислого глеевого эпигенеза в делювии гидроморфных ландшафтов увеличиваются концентрации кобальта (в 1,5—1,7 раза) и заметно уменьшаются содержания бария (в 2—2,5 раза) и меди (в 1,3 раза). В кислом глеевом делювии торфяных болот содержания кобальта в 4 раза меньше, чем в кислом делювии склонов. Содержания цинка, свинца, ванадия, хрома и никеля в делювии гидроморфных ландшафтов такие же, как и в делювии нижних частей склонов.

На вершинах холмов формируются горно-лесные бурые неполно развитые почвы, на склонах — дерново-подзолистые. Состав коренных пород существенно влияет на уровень концентраций элементов-индикаторов в горно-лесных бурых почвах и особенно в иллювиальном горизонте ВС. Отметим, что в эффузивно-осадочных породах содержания кобальта и никеля вдвое больше, а меди (в 2 раза) и цинка) в 1,3 раза) меньше, чем в кварц-серицитовых сланцах. Содержания свинца, бария, хрома и ванадия в этих породах практически не отличаются.

Соответственно и в иллювиальном горизонте бурых почв на эффузивно-осадочных породах больше кобальта, никеля (в 2 раза) и цинка (в 1,3 раза). Здесь же выявлены и более высокие содержания бария (в 1,5 раза).

В дерново-гумусовом горизонте бурых почв на эффузивно-осадочных породах также отмечаются более высокие концентрации бария (в 2 раза). Содержания других элементов-индикаторов в горизонте A_0A_1 бурых почв на эффузивно-осадочных породах и сланцах практически одинаковы.

Дерново-подзолистые почвы, формирующиеся на делювиальных глинах, отличаются только по содержаниям в них хрома и никеля, которых больше в ландшафтах на эффузивно-осадочных породах.

Во всех типах почв отмечается биогенное накопление в дерново-гумусовом горизонте цинка и бария.

Изучение экзогенных ореолов рассеяния медно-колчеданных руд в разных средах зоны гипергенеза позволило установить, что

а) состав экзогенных ореолов в бурых почвах автономных ландшафтов в основном наследует состав эндогенных ореолов (медь, цинк, кобальт, молибден, серебро и свинец); в дерново-подзолистых почвах склонов экзогенные ореолы выделяются по аномальным концентрациям меди, цинка, реже — бария и кобальта; в делювии и древней коре выветривания экзогенные ореолы выявляются по аномальным концентрациям меди, цинка и кобальта, реже — свинца;

б) гипергенные ореолы элементов-индикаторов хорошо увязываются в пространстве между собой и с эндогенными ореолами;

в) размеры гипергенных ореолов намного превышают размеры эндогенных ореолов, образуя вытянутые «языки» вниз по склону;

г) экзогенные ореолы в почвах, делювии и коре выветривания, в основном, слабоконтрастны и выделяются по минимально-аномальным концентрациям элементов-индикаторов, превышающим фоновые на величину одного стандартного отклонения. В случае близкого выхода к поверхности ореольных восходящих трещинных вод конт-

растность экзогенных ореолов меди, цинка и кобальта существенно увеличивается: аномальные концентрации превышают фоновые на величину двух-трех стандартных отклонений.

Таким образом, при проведении геохимических поисков медно-колчеданных месторождений в условиях южнотаежных ландшафтов следует учитывать наряду с геологической обстановкой и ландшафтно-геохимические особенности территории. Ландшафтно-геохимический анализ следует проводить на основе ландшафтно-геохимических карт, отражающих эпигенетические условия и закономерности гипергенной миграции элементов, что позволяет проводить выбраковку ложных аномалий.

В. Г. РОСТОВ, В. А. КАМЕНЩИКОВ, И. А. АВГУСТИНЧИК

ОПЫТ ПОИСКОВ ПО ЭКЗОГЕННЫМ ОРЕОЛАМ СКРЫТОГО РТУТНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В РАЙОНЕ ЗАПАДНО-ПОЛЯНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ЧУКОТКЕ

В тундровых ландшафтах Западной Чукотки в условиях вечной мерзлоты при почти полном отсутствии коренных обнажений геохимические методы поисков рудных и, в частности, ртутных месторождений приобретают особо важное значение. В данной ситуации предпочтение было дано почвенно-геохимическому методу.

Объектом методических исследований было выбрано Западно-Полянское месторождение ртути. Рудные тела месторождения локализованы преимущественно в зонах тектонических брекчий, развитых в пределах субмеридионального тектонического блока. Основное рудное тело выходит на поверхность, но фланги его являются скрытыми. Вся площадь месторождения перекрыта чехлом рыхлых отложений мощностью до 10 м.

В результате методических исследований установлено, что во всех трех основных генетических горизонтах почв мощностью до 1 м развиты ореолы ртути, мышьяка, сурьмы, меди, свинца, цинка, серебра, олова, кобальта, молибдена. Наибольшее накопление элементов-спутников скрытого ртутного оруденения и в первую очередь основных — ртути, мышьяка и сурьмы — происходит в генетическом горизонте В — глеевом. Размеры ореолов элементов-спутников таковы, что они могут быть обнаружены геохимическим опробованием по сети 100×20 м.

Для проверки предварительно разработанных геохимических критериев были проведены опытно-производственные поиски.

В результате был выявлен ряд комплексных аномалий в поч-

вах (ртуть, мышьяк, сурьма), пространственно приуроченных к потенциально-перспективным тектоническим структурам.

Одна из этих аномалий была подтверждена выявлением первичного ореола, подсеченного поисковой скважиной.

Таким образом, даже в условиях широкого развития многолетней мерзлоты возможны поиски скрытого ртутного оруденения по экзогенным ореолам в почвах.

Т. А. ВЛАДИМИРОВА

ОСОБЕННОСТИ СОПРЯЖЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ В ПОЧВАХ И КОРЕННЫХ ПОРОДАХ ТЕРЛИГХАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РТУТИ

Терлигхайское месторождение ртути сложено нижнедевонскими вулканогенными (среднего состава) и вулканогенно-осадочными породами и характеризуется сложным блоковым строением. Породы, слагающие структуру месторождения, представлены в основном андезито-дацитовыми порфиритами, подстилающими их туфобрекчиями умеренно-кислого состава и альбитофировыми порфиритами. Все они смяты в антиклинальную складку близширотного простирания. Складка разбита серией близширотных крутопадающих склобовых трещин, вмещающих практически все промышленные кулисообразно расположенные, сближенные и ветвящиеся рудные залежи. Рудные тела по простиранию достигают 300 м, по падению 200—300 м, мощность их колеблется от 0,3—0,5 до 10 и более м. В совокупности рудные тела образуют рудоносную зону мощностью до 120 м. Западная часть рудоносной зоны фиксируется на поверхности, восточная — постепенно погружается на глубину.

Рудоносная зона расположена на юго-западных и южных склонах с крутизной до 30—40°. Здесь преобладают горно-каштановые почвы, характеризующиеся малой мощностью профиля (17—35 см) и содержащие большое количество обломочного материала.

Рудоносная зона сопровождается эндогенными ореолами ртути, мышьяка, серебра, цинка, сурьмы и молибдена. Эти же элементы образуют экзогенные ореолы, проявленные во всех генетических горизонтах (А, В и ВС) горно-каштановых почв, развитых на участке. Идентичность полиэлементного состава и совмещение в пространстве эндогенных и экзогенных ореолов свидетельствуют о том, что формирование геохимических ореолов во всех генетических горизонтах почв происходило за счет разрушения и последующей гипергенной переработки вещества полиэлементного эндогенного

ореола и рудных тел. Сравнение характера распределения ореолообразующих химических элементов в почвенном профиле горнокаштановых почв на фоновом участке и в пределах экзогенного ореола показало, что относительное накопление всех элементов-индикаторов происходит в генетических горизонтах А и В. Это позволяет для данной ландшафтно-геохимической обстановки рекомендовать в качестве представительного горизонта при опробовании почв горизонт А, как более доступный.

Ландшафтно-геохимические условия накладывают определенный отпечаток на формирование экзогенных геохимических ореолов. Так, отдельные участки указанных ореолов, развивающихся на склонах, крутизна которых достигает 30—40°, характеризуются определенным смещением экзогенного ореола. Влияние ландшафтно-геохимической обстановки особенно резко сказалось на формировании ореола молибдена, площадь которого значительно больше площади первичного ореола этого элемента. Это объясняется повышенной миграцией молибдена в щелочной среде, характерной для горно-каштановых почв.

Приведенные данные свидетельствуют о закономерной сопряженности эродированных рудных тел и сопровождающих их эндогенных ореолов с экзогенными ореолами, развивающимися в почвах. Последнее обстоятельство позволяет выявлять и интерпретировать почвенные геохимические аномалии, генетически связанные с эндогенными проявлениями рудного оруденения.

III. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ РУДОНОСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

И. Н. РЕЗНИКОВ, Э. Г. ИШЕВСКАЯ

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАЙОНА В ПРОЦЕССЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Приводимые ниже краткие сведения о геохимических особенностях процессов гранитизации и их практическом использовании в практике геолого-съемочных работ были получены при опытно-методических геохимических исследованиях, сопровождавших геологическую съемку двух листов масштаба 1:50000 на площади Украинского кристаллического щита (Каменский район Кировоградской области). Такие работы проводились нами совместно с Геолого-съемочной партией № 11 Южно-Украинской ГРЭ треста «Киевгеология» и основывались на изучении кернa тех же картировочных и структурных скважин, по которым составлялась геологическая карта.

В геолого-структурном отношении территория работ располагается в пределах Ново-Украинского антиклинория, сложенного кировоградскими порфиробластовыми гранитоидами, граничащего на западе района с гнейсами и основными породами Ингуло-Ингулецкого синклинория. Последние в различной степени гранитизированы и связаны постепенными переходами с породами антиклинория. Весь докембрий здесь закрыт почти сплошным чехлом кайнозойских образований, мощность которых колеблется от первых метров до 100 м, ввиду чего подавляющая часть информации основывается на изучении кернa скважин. Как уже указывалось (Резников 1971, Резников, Янишевский 1971), решение вопросов, касающихся геологического строения изучаемого района, основывается на сравнении геохимических характеристик пород.

В настоящее время у большинства исследователей не вызывает сомнения, что гранитоидные образования Украинского кристаллического щита образовались в результате региональной гранитиза-

ции различных метаморфических и интрузивных пород преимущественно амфиболитовой фации.

Геохимическое изучение всех гранитизированных разновидностей пород ингуло-ингулецкой серии (габброидов, орто- и парагнейсов) показывает, что по мере нарастания процесса гранитизации, происходит все больший вынос цинка, ванадия, никеля, меди, кобальта, скандия, молибдена. В то же время, в этих образованиях возрастают концентрации бария, бериллия, свинца, лантана. «Нейтральными» к протекающему процессу остаются ниобий, олово, серебро*.

Таким образом, большие или меньшие содержания элементов, привносимых и выносимых при гранитизации, указывают на интенсивность ее проявления. Для количественной характеристики такого преобразования пород нами рассчитаны числовые показатели, отражающие отношение суммы коэффициентов концентрации элементов привносимых к сумме коэффициентов концентрации выносимых элементов. Показатели, установленные для слабой, средней и интенсивной степени проявления процесса, табулированы в виде графиков, которые можно использовать как номограмму для отношения исследуемой породы к той или иной группе.

Изучением геохимической характеристики Кировоградских гранитоидов установлена целесообразность их условного разделения на мелко- (с размером бластов менее 3 см.) и крупнопорфиробластовые (размер бластов более 3 см.). При этом было показано, что в каждой группе выделяются разновидности, развитые по основным породам (содержат реликтовые их остатки) и, по-видимому, по парагнейсам (гранитоиды без реликтов основных пород). Такое деление пород обусловлено следующими закономерностями распределения в них химических элементов: крупнопорфиробластовые гранитоиды по сравнению с однотипными мелкопорфиробластовыми более насыщены цинком, ванадием, никелем, кобальтом, скандием, молибденом, ниобием, оловом, серебром, свинцом, лантаном; дефицитны в них барий, бериллий.

Последующие детальные петрографические и минералогические исследования показали, что такая закономерность распределения химических элементов здесь не случайна и обусловлена проявлением двух процессов: ортоклазизации пород первичного субстрата и поздней микроклинизации, давшей начало образованию порфиробластов. При этом существенное влияние на распределение элементов микроклинизация начинает оказывать при образовании бластов более 3 см. Повышенные концентрации таких элементов как цинк, ванадий, медь, кобальт, скандий, молибден (см. выше) указывают на более низкую степень гранитизации пород. Отсюда можно сделать вывод, что крупнопорфиробластовые образования развивались по менее гранитизированному субстрату, чем мелкопорфиробластовые. С другой стороны, «нейтральность» ниобия,

* Здесь и ниже информация основывается на распределении элементов, надежно определяемых ординарными и массовыми спектральными анализами.

олова и серебра к процессам гранитизации и накопление этих элементов в крупнопорфиробластовых гранитоидах позволяет выделить их в качестве индикаторов собственно поздней микроклинизации.

Таким образом, используя описанные выше закономерности, представляется возможным установить и количественный показатель интенсивности проявления процесса микроклинизации. Он представляет собой отношение суммы коэффициентов концентрации ниобия, олова, серебра к сумме таковых бария и бериллия, которые, как было указано, более концентрированы в мелкопорфиробластовых образованиях.

Сравнение количественных показателей процессов гранитизации и микроклинизации для однотипных образований показывает, что восточный участок съемки сложен менее гранитизированными и более микроклинизированными породами, что в свою очередь характеризует более глубокие горизонты докембрия, выведенные здесь на древнюю эрозионную поверхность.

Для всех упомянутых выше четырех разновидностей кировоградских гранитоидов наблюдается единый упорядоченный ряд содержаний химических элементов, в котором они довольно четко разделяются на две группы:

I группа — барий, цирконий, свинец, ниобий, иттрий, молибден, олово, иттербий, бериллий, для которых характерно упорядоченное убывание средних содержаний в порядке расположения элементов;

II группа — скандий, кобальт, никель, медь, ванадий, цинк, хром, в которой наблюдается упорядоченное возрастание средних содержаний.

При сравнении по этим данным профиробластические гранитоиды не согласуются ни с распределением кларков, характеризующих кислые породы, ни с другими гранитами, развитыми на площади съемки.

Такие закономерности не являются на наш взгляд случайными, а отражают те основные физико-химические условия и термодинамические законы, по которым протекали здесь процессы породообразования. По-видимому, существование такого общего упорядоченного для всех разновидностей ряда отражает единый природный цикл и может быть характерно для сингенетических (комагматических) образований. Это лишнее раз подчеркивается резким их различием с несингенетическими гранитами и последними между собой.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОСАДОЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ КАК КРИТЕРИИ ПОИСКОВ ОСАДОЧНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Н. М. Страховым установлено, что между рудными накоплениями и рассеянными содержаниями элементов в осадочных отложениях существуют постепенные переходы. Эти переходные концентрации реализуются в виде более или менее широких полос вокруг рудного тела, образуя промежуточные зоны между ними с кларковыми содержаниями. Некоторые руды фациально и генетически близки друг к другу, а другие весьма существенно различны.

На основании этого в гумидных областях выделяется четыре естественных фациально-генетических типа рудных накоплений. Первую рудную группу образуют месторождения алмазов, золота, платины, титана, касситерита и других тяжелых металлов. Вторая группа представлена рудной триадой — алюминий—железо—марганец. Фосфор, аутигенный кремнезем, углекислый кальций, углекислый магний составляют тетраду, тесно связанную генетически, но с совершенно другим, чем у триады, механизмом концентрирования в осадках. Четвертую обособленную фациально-генетическую группу образуют угли и горючие сланцы.

На площадях аридных областей существуют свои специфические особенности развития рудных накоплений, также характеризующиеся зональным расположением.

Геохимическими исследованиями, проведенными на территории Закавказья (Армянская ССР и Грузинская ССР) в областях развития миоплиоценовых осадочных и вулканогенно-осадочных образований наряду с решением основной задачи по оценке перспектив бороносности отдельных площадей, толщ и т. д., выявлены региональные закономерности в распределении микроэлементов в осадочных, вулканогенных и вулканогенно-осадочных образованиях этого возраста. Некоторые выводы и закономерности можно рассматривать как основополагающие при использовании геохимических методов поисков месторождений осадочного генезиса.

Методически работы сводились к изучению (документация и опробование) разрезов отложений и прослеживанию их по простиранию. Разрезы выбирались с таким расчетом, чтобы были охарактеризованы различные структурные, литолого-фациальные и фациальные зоны, при этом изучались породы различные по химическому, петрографическому и гранулометрическому составу. Разрезы по профилю располагались через 1,0 км. На участках со смежными фациальными переходами расстояние между ними сокращалось как правило до 200 м. Документация составлялась в масштабе 1 : 50 с послойным описанием пород, слагающих разрез.

Микроэлементы и в том числе бор в породах осадочного и вулканогенного-осадочного происхождения распределены неравномерно, а концентрация элементов в них зависит от минералого-петрографического и химического состава, условий их образования, тектоники, литологофациальных условий и ряда других факторов.

Осадочные отложения, как правило, характеризуются повышенными содержаниями микроэлементов по сравнению с вулканогенными образованиями и поэтому появление пирокластического материала в осадках приводит обычно к снижению в них содержания большинства этих элементов.

Отложения, представленные озерными фациями, характеризуются более низкими содержаниями большинства микроэлементов по сравнению с аналогичными литологическими разностями пород, образовавшимися в морских условиях.

Большая часть микроэлементов, несмотря на различные условия осадкообразования и неоднородность состава, поступающего в бассейн терригенного материала, распределена по «идеальному геологическому профилю» неравномерно, но строго закономерно. Такие элементы как барий, молибден, хром, свинец и медь накапливаются в грубых литофациях независимо озерного или морского они происхождения, другие — никель, кобальт, ванадий и цинк — в тонких, а максимальные концентрации стронция, а иногда и других элементов присущи известнякам. Такие элементы, как барий и медь в некоторых случаях имеют два максимума содержаний, что скорее всего определяется наличием различных форм их накопления. Авторы полагают, что геохимическая подвижность и формы нахождения микроэлементов определяют выявленную зональность в их распределении. Для миоплиоценовых отложений Араратской котловины получен следующий ряд зонального распределения микроэлементов: [барий, молибден] → [хром] → [свинец, цинк, медь, марганец] → [кобальт, ванадий, никель].

Для других районов и различных фаций (морские, озерные) ряды близки по расположению в них микроэлементов.

Отношения суммарных или мультипликативных величин концентраций элементов, располагающихся в крайних частях установленного ряда являются важным геохимическим критерием, позволяющим устанавливать положение изучаемого разреза относительно береговой линии, положение одного разреза по отношению к другому, решать вопросы, связанные с расчленением толщ и корреляцией отдельных горизонтов, а также в какой-то мере реставрировать рельеф дна бассейна, в котором шло осадконакопление. Также представляется возможным решать вопросы, связанные с прогнозированием, поисками и направлением разведочных работ на месторождениях осадочного генезиса, поскольку последние имеют зональное расположение и приурочены к определенным литологофациальным зонам.

На одном месторождении фосфоритов установлено, что закономерности в распределении микроэлементов весьма постоянны и одинаково проявлены на двух участках, расположенных в 25—30 км

друг от друга. Различные стратиграфические горизонты, в том числе и рудные, юрского, мелового, третичного и четвертичного возраста контрастно различаются по соотношению в них микроэлементов. По отношению мультипликативных значений кобальта, бора, хрома, стронция, к цирконию, ниобию, титану и меди весьма контрастных (в 1000—10 000 раз) различимы рудные горизонты от нерудных, причем между содержанием P_2O_5 и значением рассчитанного коэффициента выявляется прямая коррелятивная связь. Имеющиеся данные дают основание утверждать, что по микроэлементному составу можно разделить руды по их типам, выделить горизонты (участки) с промышленными концентрациями фосфоритов и прогнозировать выклинивание или распространение рудных горизонтов по площади.

Э. К. БУРЕНКОВ

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БОРА В ОСАДОЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ МИОПЛИОЦЕНА ЗАКАВКАЗЬЯ

Бороносность осадочных и вулканогенных образований миоплиоценового возраста, развитых в Закавказье, изучалась на примере различных литолого-фациальных и структурных зон. В результате выявлен ряд общих закономерностей в распределении бора, зависящих прежде всего от литолого-фациальных и структурных особенностей. Эти закономерности можно использовать при прогнозно-оценочных и поисковых работах на бор (месторождения вулканогенно-осадочного генезиса).

Осадочные отложения, как правило, характеризуются повышенной бороносностью по сравнению с вулканогенными образованиями и поэтому появление в осадке, даже незначительных количеств пирокластического материала приводит к снижению в нем содержания бора.

Существенное значение в распределении бора в осадочных отложениях имеет их литолого-фациальный состав. Все литологические разности пород, представленные в морских фациях, обогащены бором по сравнению с отложениями озерного происхождения. Содержание бора в осадочных отложениях изменяется от десятитысячных до первых сотых долей процента. Максимальные концентрации установлены в глинах и лигнитах, а минимальные — в известняках. Песчанистые и гравелитистые разности пород занимают промежуточное положение. Иногда высокие концентрации отмечаются в алевритовых разностях. Существенное влияние на концентрацию бора оказывает состав цемента. Породы с глинистым цементом всегда

обогащены бором по сравнению с породами с карбонатным цементом.

В пределах одного цикла осадконакопления наблюдается неравномерное распределение бора по разрезу. Наиболее высокие его содержания отмечаются в породах из средней части разреза. Относительно меньшая бороносность характеризует подошву и кровлю изучаемого стратиграфического горизонта, что соответствует началу и концу цикла осадконакопления.

Сравнительные данные по различным стратиграфическим горизонтам показывают, что по мере увеличения содержания бора в глинах снижается его концентрация в песчаниках из этого же горизонта. Это объясняется неоднородной сортировкой терригенного материала. Чем лучше отсортирован материал, тем выше содержания в глинах и ниже — в песчаниках.

Бороносность вулканогенных пород неоднородна. Содержания бора в продуктах выбросов — туфах, туфобрекчиях (0,005—0,006%) выше чем в лавах (0,001—0,003%) и зависят от зернистости и структуры обломочного материала. Так, содержания бора в пелитовых туфах несколько выше, чем в псаммитовых. Среди туфов с различной структурой обломков бором обогащены витрокластические разности. Кристаллокластические разности характеризуются пониженными содержаниями бора.

Андезиты, дациты, т. е. породы среднего и кислого состава, несколько обогащены бором, по сравнению с основными разностями (базальтами, андезито-базальтами и пр.). Однако, отмечаются случаи более высоких концентраций бора в основных породах.

Изученные вулканогенные комплексы, разобъединенные во времени и пространстве (кисатибская свита, ахалкалакский комплекс, сарыкаинская толща и др.) характеризуются неодинаковой степенью бороносности.

На концентрацию бора в вулканогенных образованиях влияет тектоническое положение изучаемых толщ. Для однотипных образований (аналогичные литологические разности одного комплекса и близкого состава) изучавшихся в наиболее опущенных блоках установлены максимальные концентрации бора. В породах из относительно приподнятых блоков бороносность значительно ниже.

Установленные закономерности в распределении бора в осадочных и вулканогенных образованиях позволят при поисковых работах выявлять и оценивать участки с аномальными концентрациями бора. В частности, ряд таких участков, приуроченных к озерным вулканогенно-осадочным толщам миоплиоцена, рекомендован для постановки детальных поисковых работ.

О ФАЗОВОМ РАСЧЛЕНЕНИИ ХАРЛГИНСКОГО ИНТРУЗИВНОГО КОМПЛЕКСА В ЗАБАЙКАЛЬЕ ПО ПЕТРОХИМИЧЕСКИМ И ГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Харалгинский интрузивный комплекс, выделяемый в Даурской структурной зоне Восточного Забайкалья сложен тремя основными разновидностями гранитов: резко порфировидными биотитовыми гранитами, гранит-порфирами и мелкозернистыми лейкократовыми гранитами. Основываясь на геологических наблюдениях, В. В. Старченко (1965 г.) считал что комплекс имеет трехфазное строение:

1 фаза — резко порфировидные биотитовые граниты, 2 фаза — лейкократовые граниты и 3 фаза — гранит-порфиры, — Е. Н. Беляков, Н. И. Тихомиров и др. (1964, 1965 г.г.) разделяют комплекс на две фазы, относя к первой и гранит порфиры. Отсутствие единого мнения о фазовом расчленении комплекса вызвано тем, что массивы харалгинских гранитов сложны, как правило, какой-то одной их разновидностью, и поэтому выяснение возрастных взаимоотношений между ними представляет большие трудности. Вследствие этого используемые обычно геологические данные, по нашему мнению, недостаточны для обоснованного выделения внутри комплекса самостоятельных интрузивных фаз.

Нашими исследованиями установлено, что уменьшение основности пород происходит от резко порфировидных биотитовых гранитов к гранит-порфирам и далее к мелкозернистым лейкократовым гранитам. В этой последовательности в породах увеличивается содержание кремнекислоты соответственно (71,5%—73,3%—74,9%), окиси калия (4,0%—4,6%—5,0%), уменьшается содержание глинозема (14,3%—13,3%—12,9%), окиси кальция (2,0%—0,9%—0,5%), окиси магния (0,6%—0,3%—0,2%), суммарного железа (2,7%—2,4%—1,8%) двуокиси титана (0,3%—0,2%—0,17%). Минеральный состав пород изменяется в том же порядке: кварц — 20—30%, 30—35%, 35—37%, плагиоклаз — 25—30%, 15—25%, 13—15%, микроклин — 35—40%, 30—35%, 45—55%, биотит — 2—3%, 2—2%.

По петрохимической классификации А. Н. Заварицкого резко порфировидные граниты относятся к нормальным гранитам и адамеллитам, гранит-порфиры — к калий-натровым гранитам, а лейкократовые граниты — к аляскитам. Аналогичная последовательность в изменении химизма гранитоидов при переходе от ранних фаз к более поздним отмечается как общая закономерность становления гранитоидных комплексов (С. С. Соловьев, 1970). Исходя из этого, по особенностям химизма можно предполагать, что резко порфировидные граниты, а также близкие к ним по химическому составу гранит-порфиры являются более древними, а лейкократовые грани-

ты — более молодыми дифференциатами харалгинского комплекса.

Предполагаемая последовательность формирования гранитов подтверждается также следующими данными. Номер плагиоклаза уменьшается от более древних к более молодым от 25,7% до 3,3%. Так же падают величины натрий-калиевого (от 1,34 до 1,08) и K/Rb от (230 до 84) отношений. Коэффициент агапайности увеличивается от 0,68 до 0,96, указывая на возрастание роли щелочных элементов в гранитах более поздних фаз, а величина отношения Mg/Li закономерно уменьшается с 38 до 7. Низкая величина этого отношения в лейкократовых гранитах может указывать на возрастающую роль метасоматических процессов. В частности, степень альбитизации заметно увеличивается в конечных дифференциатах харалгинского комплекса.

По распределению элементов-примесей резко порфиroidные биотитовые граниты и гранит-порфиры практически идентичны. Тантал, ниобий, бериллий, литий, рубидий, цирконий, свинец и олово присутствуют в них в близких к кларковым концентрациям, а содержания бора, ванадия и цезия значительно выше. Лейкократовые граниты характеризуются прямо противоположным распределением элементов-примесей: тантал, бериллий, олово, вольфрам, свинец накапливаются в количествах, превышающих кларковые в 2—10 раз, а содержания бора, ванадия и цезия близки к кларковым, но все же превышают средние содержания этих элементов в других разновидностях гранитов. Сравнение средних содержаний элементов-примесей по критерию Стьюдента показало, с одной стороны, сходство резко порфиroidных гранитов и гранит-порфиров, с другой — существенное отличие от них лейкократовых гранитов.

Таким образом, на основании полученных данных наиболее вероятно следующая последовательность формирования гранитов харалгинского комплекса: резко порфиroidные биотитовые граниты, гранит-порфиры — лейкократовые граниты. Сходство геохимических особенностей первых двух разновидностей может указывать на одновременность или близость во времени их формирования. Существенное отличие от них лейкократовых гранитов по петрохимическим и геохимическим особенностям может служить доказательством того, что последние являются наиболее поздними дифференциатами, обогащенными летучими компонентами и представляют собой самостоятельную заключительную фазу Харалгинского интрузивного комплекса. Полученные данные позволяют выделить лейкократовые граниты как перспективные на редкие элементы, т. к. они несут наиболее высокие концентрации этих элементов.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОД ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Мезозойский интрузивный магматизм сыграл очень важную роль в истории геологического развития Восточного Забайкалья и в формировании эндогенных рудных месторождений. С ним связано образование большого количества массивов, существенно отличающихся как по своим размерам и форме, так и по составу слагающих их пород.

В процессе изучения особенностей химического состава мезозойских интрузивных пород В. Забайкалья и связи этих особенностей с тектоникой региона авторами была собрана обширная информация (около 700 полных силикатных анализов по 59 массивам, 16 000 результатов определения содержаний элементов-примесей по 44 массивам). Обработка и обобщение этой информации позволили выявить ряд геохимических особенностей мезозойских интрузивных пород, отражающих специфику магматизма и металлогении региона.

Средний химический состав отдельных разновидностей мезозойских интрузивных пород В. Забайкалья по сравнению с данными Дэли (1933) отличается более высоким содержанием кремнезема, окисла магния, калия и меньшим содержанием двуокиси титана, окиси железа и кальция. Им присуща более высокая пересыщенность глиноземом. Сопоставление со средним составом гранитоидов СССР (Беус, Ситниев 1965) свидетельствует, что характерными особенностями мезозойских интрузивных пород В. Забайкалья являются пониженные содержания кремнезема и окиси железа и относительно более высокие содержания двуокиси титана.

Для диоритов, кварцевых диоритов, адамеллитов и нормальных гранитов характерны несколько меньшая степень пресыщенности глиноземом и значительно большая относительная магниальность; для аляскитов, лейкократовых калий — натровых гранитов и апогранитов, наоборот, — более высокая степень пересыщенности глиноземом и сравнительно низкая относительная магниальность.

Анализ распределения элементов-примесей в мезозойских интрузивных породах В. Забайкалья позволил установить следующие закономерности. В целом эти породы по сравнению с кларковыми содержаниями (по А. П. Виноградову) отличаются повышенными концентрациями таких элементов как бор, хром, вольфрам, свинец, литий, молибден, олово, цезий, тантал и существенно пониженными — цинка, бериллия, меди, циркония, ванадия, суммы редких земель и бария. Для лития, бериллия, рубидия, цезия, тантала, олова, тория, редкоземельных элементов, вольфрама и свинца наблюдается четко выраженная тенденция к увеличению их содержаний от диоритов к нормальным гранитам. Максимальные концентрации этих элементов фиксируются в лейкократовых калий-натровых гра-

нитах. Ванадий, хром, кобальт, никель и барий, характеризуются уменьшением их содержаний в той же последовательности. Наиболее низкими их содержаниями отличаются лейкократовые калий-натровые граниты. Сравнительно равномерно распределены бор, медь, цинк, цирконий и молибден.

Эта специфика в распределении содержаний элементов-примесей достаточно хорошо согласуется с особенностями металлогении В. Забайкалья и подтверждает выводы многих исследователей (Беус, Руб, Таусон и др.) о существовании четкой геохимической специализации магматических пород.

Статистическая обработка аналитического материала с учетом схемы структурного районирования В. Забайкалья, (по материалам Г. М. Мейтува), свидетельствует об определенных геохимических особенностях мезозойских пород в зависимости от истории их формирования. Интрузивные породы поднятых в мезозойское время участков отличаются от пород опущенных участков более высокой пересыщенностью кремнеземом, щелочностью, апгаитностью, более низкой основностью, пониженным содержанием окиси магния, кальция, а для граносиенитов, гранодиоритов, адамеллитов, нормальных гранитов — повышенными содержаниями лития, цинка и пониженными — хрома.

Полученные материалы и вытекающие из них выводы подтверждают известный тезис о том, что геохимические особенности интрузивных пород могут эффективно использоваться при решении разнообразных геологических вопросов в региональном и локальном плане, как часть комплексных исследований, требующих учета всех многообразных факторов.

И. И. ГЕТМАНСКИЙ, Н. Н. ГРЕЧУХИН

О ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАГМАТОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЯНСКОМ РАЙОНЕ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЯКУТИИ

На территории района магматогенные образования представлены разнообразными по составу магматическими породами с оловянной и оловянно-редкометальной минерализацией. Среди магматических пород широко распространены гранитоиды. Ими сложены относительно крупные массивы, а также штокообразные тела и дайки.

В настоящее время нет единого мнения о возрасте, последовательности и условиях формирования магматических образований. Большинство геологов считают, что достаточно разнотипные магма-

тические породы района образовались в позднеюрское-нижнемеловое время из единого магматического очага в одну, две или три фазы (субфазы).

По данным авторов гранитоидные образования района разделяются на два самостоятельных комплекса ниже- и верхнемелового возраста. К нижнемеловому комплексу относятся гранодиориты, мелко-среднезернистые биотитовые граниты (I фаза) и среднезернистые лейкократовые граниты с биотитом (II фаза). Верхнемеловой комплекс представлен крупнозернистыми двуслюдяными гранитами, которыми сложены небольшие по размерам массивы и штокообразные тела.

С каждым из интрузивных комплексов связана определенная жильная серия пород: с гранитоидами нижнемелового возраста связаны дайки турмалинизированных аплитовидных гранитов, гранит-порфиров и аплитпегматитов. С крупнозернистыми двуслюдяными гранитами верхнемелового возраста — штокообразные тела и дайки мусковит (лепидолит) — микроклин — кварц — альбитовых пород (аляскитов).

Кроме вышеперечисленных жильных образований в районе отмечаются также дайки основных пород: гранодиорит-порфиры, плагиогранит-порфиры, диоритовые и диабазовые порфириты. Часть даек из них относится к доинтрузивному (до меловому) периоду. В основном же они, по мнению О. П. Иванова (1969), представляют нижнепалеогеновый магматический комплекс, широко проявившийся в соседних районах, и являются самыми молодыми магматическими образованиями в районе.

Разделение гранитоидных пород на два самостоятельных комплекса произведено на основании геологических, геохимических, а также геохронологических данных.

Наблюдается закономерное увеличение содержаний олова, лития, рубидия, цезия, тантала, ниобия и фтора от гранодиоритов к мелко-средне- и крупнозернистым разновидностям гранитов. Особенно резко по содержанию элементов-примесей, а также по величинам отношений Y/Nb , Mg/Li , Zr/Sn , Ti/Ta и K/Rb отличаются верхнемеловые крупнозернистые двуслюдяные граниты. Гранитоиды нижнего мела отличаются между собой в основном только по содержанию редких щелочей (литий, рубидий, цезий). В связи с этим их разделение по фазам является несколько условным.

Сравнение средних содержаний олова, тантала, лития, рубидия, цезия и фтора по критерию Стьюдента показывает, что только крупнозернистые граниты не сопоставимы ни с одной другой разновидностью гранитов района. По дисперсии же они не сопоставимы лишь со среднезернистыми биотитовыми гранитами и гранодиоритами I фазы нижнемелового комплекса.

На генетическую связь даек кислых пород с гранитоидами нижнего мела указывает следующее: они широко распространены среди нижнемеловых гранитоидов и совершенно не встречаются на площадях развития гранитов верхнемелового возраста. Отмечаются также

прямые пересечения даек гранит-порфиров и аплитовидных гранитов дайками мусковит-микролин-кварц-альбитовых пород. Наблюдается близость содержаний рубидия и отношений K/Rb в породах даек и гранитоидов нижнемелового комплекса.

Определения абсолютного возраста пород $K-Ar$ методом, выполненные А. И. Пантелеевым (1970) по биотитам и мусковитам подтверждают предлагаемую нами схему формирования магматических пород района. Возраст среднезернистых биотитовых гранитов, гранодиоритов, мелко- и среднезернистых лейкократовых гранитов, а также кислых пород дайковой серии определен как нижнемеловой (118—120 млн. лет); возраст крупнозернистых гранитов и мусковит-микролин-кварц-альбитовых пород как верхнемеловой (88—90 млн. лет). Дайки диоритовых и диабазовых порфиритов по данным единичных определений абсолютного возраста (60 млн. лет, О. П. Иванов, 1969) относятся к нижнему палеогену.

В Центрально-Янском районе известно множество оловянных и оловянно-редкометалльных месторождений и рудопроявлений, которые относятся к трем рудным формациям: касситерит-вольфрамит-кварцевой, грейзеновой и касситерит-силикатно-сульфидной. Касситерит-кварцевые жилы с вольфрамитом, несущие большую часть рудного олова района, генетически связаны с нижнемеловым комплексом гранитоидов. Они обычно локализируются в единичных тектонических структурах с нижнемеловыми дайками кислых порфиров и аплитовидных гранитов. При этом дайки, как правило, интенсивно минерализованы. В то же время отмечаются случаи пересечения касситерит-вольфрамит-кварцевых прожилков крупнозернистыми двуслюдяными гранитами и породами слюдисто-кварц-полевошпатового состава верхнемелового возраста.

Грейзеновая рудная формация представлена в районе штокообразными телами и дайками метасоматически измененных микролин-кварц-альбитовых пород, несущих промышленные концентрации лова, титана. Описываемые породы с комплексной оловянно-танталовой минерализацией являются, по нашим представлениям, ультракислыми дифференциатами верхнемеловых крупнозернистых гранитов.

Касситерит-сульфидная формация, представленная в районе относительно крупными жилами, пространственно и, вероятно, генетически связана с нижнепалеогеновыми дайками основного состава (Иванов, 1969 г.).

Таким образом, на основании детальных геолого-геохимических исследований установлено, что рудная минерализация в Центрально-Янском районе связана с тремя самостоятельными магматическими комплексами: вольфрамит-касситерит-кварцевая с нижнемеловыми гранитами, оловянно-редкометалльные — с гранитами верхнего мела, а касситерит-силикатно-сульфидная — с основными породами нижнепалеогенового возраста.

ОБ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ, ВЫЯВЛЯЕМЫХ ПРИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ГЕОЛОГОСЪЕМОЧНЫХ РАБОТАХ

Одной из основных задач при оценке перспектив территории на скрытое и перекрытое оруденение является выявление, разбраковка, интерпретация и оценка комплексных геохимических аномалий элементов-индикаторов рудоносности — признаков (применительно к масштабу 1 : 5000) рудных полей.

Обычно весь комплекс работ по изучению таких аномалий основывается на материалах, получаемых при детальном исследовании на известных месторождениях (рудопроявлениях). Отсутствие полной информации чрезвычайно затрудняет процесс прогноза, но и в этих случаях может быть использована частичная информация, которую можно получить на основе изучения геологических закономерностей формирования выявляемых аномалий и, в частности, путем установления их связи с определенными постмагматическими метасоматическими процессами.

В одном из закрытых районов в процессе геологической съемки при опробовании потенциально рудоносных образований (зон тектонических нарушений и метасоматически измененных пород), вскрываемых единичными буровыми скважинами, были выявлены аномалии редких земель, свинца, олова, ниобия, вольфрама, встречающиеся на различных участках в самых различных сочетаниях. При этом подавляющее число комплексных аномалий приурочивалось к многочисленным зонам метасоматически измененных пород, среди которых наиболее широко проявлен процесс альбитизации, менее — микроклинизации, биотитизации, хлоритизации, редко — окварцевания, амфиболитизации и эпидотизации.

Ниже мы остановимся на характеристике процесса альбитизации, как основного типа вторичных преобразований, наиболее широко здесь проявленного, кроме того с ним была известна связь редкометальных рудных тел, признаками которых могли быть выявленные нами аномалии.

В процессе детального петрографического изучения (в основном по данным трех глубоких опорных скважин) было установлено несколько стадий проявления альбитизации: от ранней деанортизации плагиоклазов, до образования собственно альбититов.

По разрезам этих скважин была установлена определенная закономерность в распределении аномальных концентраций редких и редкоземельных элементов, связанная с зональностью альбититов.

Так, для кварцесодержащих альбититов, слагающих внешнюю зону, характерно накопление преимущественно олова и бериллия. Следующая промежуточная зона — бескварцевых альбититов, характеризуется аномальными концентрациями циркония. Кроме того

для этой зоны намечается четкий вынос рублидия (явно выраженные отрицательные аномалии).

Наконец, внутренняя зона сложена самыми поздними апатитовыми альбититами с наложенной магниальной хлоритизацией в ассоциации с радиоактивными компонентами и характеризуется аномальными концентрациями иттрия, итербия, лантана, свинца, урана, которые и являются элементами-индикаторами урановой минерализации, вскрытой одной из глубоких скважин.

Резюмируя вышеизложенное можно сделать следующие выводы:

1. Установление элементов-индикаторов для многостадийного метасоматического процесса позволяет провести разбраковку разнообразных альбититовых зон, развитых на площади листа, и выделить среди них образования перспективные на различные редкие металлы.

2. Тесная пространственная связь собственно уранового оруденения и его элементов спутников — свинца и редких земель с поздним хлоритовым метасоматозом показывает, что такая минерализация, видимо, может проявляться и вне зон собственно альбититов.

3. По характерному набору элементов представляется возможным достаточно надежно локализовать аномальные поля, перспективные на обнаружение уранового оруденения, заслуживающие детального опоискования.

А. И. ГОЛОД, И. Н. РЕЗНИКОВ, В. Д. ИНИН

О МЕТОДИКЕ СОСТАВЛЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ ПРОГНОЗНО-МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ КАРТЫ РУДНОГО АЛТАЯ

Под геохимической основой для прогнозно-металлогенических карт понимается карта-схема, отражающая основные геологические закономерности размещения и формирования на изучаемой территории комплексных геохимических аномалий — признаков скрытого и перекрытого оруденения. Такая информация, используемая наряду с материалами об известных месторождениях и закономерностях их размещения, существенно дополняет обычные металлогенические построения и позволяет резко повысить глубинность прогноза (для условий Алтая на глубину 300 и более метров). Прогнозно-металлогенические карты Рудного Алтая в м-бе 1 : 50000 с картами-врезками масштаба 1 : 10000 (для известных рудных полей) будет составляться под общим руководством профессора доктора геолого-ми-

нералогических наук Д. И. Горжевского. Центральная геохимическая экспедиция ИМГРЭ и ряд геохимических партий других организаций призваны произвести сбор и обобщение имеющейся геохимической информации, дополнительное геохимическое опробование и по этим материалам составить геохимические основы для таких карт («карт рудной нагрузки» и «карт поисковых признаков и геологических предпосылок»).

Основной задачей этих работ является расширение имеющихся и выявление новых перспективных на полиметаллическое оруденение площадей на Рудном Алтае — ведущей сырьевой провинции Советского Союза.

Геохимическая основа составляется в масштабе, соответствующем масштабу геологической карты, при этом учитывается тот факт, что применительно к детальности 1 : 10000 — признаки отдельных месторождений рудных тел, выявляемых в пределах таких полей.

Основной нагрузкой геохимических основ являются рудогенные геохимические аномалии, по которым на картах отражаются два основных показателя:

а) приуроченность аномалии к рудным телам (рудным полям) определенной формации;

б) возможная сохранность прогнозируемого оруденения на основе оценки уровня эрозионного среза окolorудного пространства.

Критерии выявления, интерпретации и оценки геохимических аномалий, используемые при построении геохимических основ были разработаны в последнее время рядом исследователей (С. В. Григорян 1965, 1967, 1968, 1970, Л. Н. Овчинников, 1968, Э. Н. Баранов 1967, 1968, 1971 и др.) для основных формационных типов сульфидных месторождений, в том числе, для полиметаллических месторождений Рудного Алтая (А. И. Голод 1967, 1970). Установленные критерии, изложенные выше (Э. Н. Баранов, А. И. Голод, В. Н. Лазарев, В. М. Рыфтин, И. А. Пурик), позволяют по геохимическим данным надежно выявить рудные поля (работы масштаба 1 : 50.000), а в их пределах более локальные концентрации рудообразующих элементов (работы масштаба 1 : 10000), связанные с отдельными рудными телами.

Излагаемая методика составления геохимических основ к прогнозно-металлогеническим картам масштаба 1 : 5000 и картам-врезкам масштаба 1 : 10000 разработана при участии Э. Н. Баранова, С. В. Григоряна, И. Н. Резникова, А. И. Голода (ИМГРЭ) и В. Д. Инина (ВКГУ) и проводится в несколько этапов.

На первом этапе ведется сбор аналитических данных геохимического опробования почв, рыхлых отложений и коренных пород (для составления карт-врезок масштаба - : 1000, а также карты масштаба 1 : 50000), вод, потоков рассеяния и др. В камеральный период первого этапа проводится:

а) расчет параметров фонового распределения отдельно для каждой петрохимической разности пород с учетом года и места проведения анализов; б) оценка и выбор параметров для выделения

аномальных концентраций; в) выделение аномалий и их разбровка; г) оконтуривание геохимических аномалий, для которых установлена их рудогенная природа; д) расчет параметров и проведение предварительной интерпретации и оценки геохимических аномалий; е) анализ результатов с учетом степени закрытости территории, орографии, полноты геохимического изучения, правильности применяемых методов, качества аналитических данных, комплекса определяемых элементов; ж) выделение площадей и участков, требующих проведения детализационных работ для окончательной интерпретации и оценки выявленных аномалий.

Второй этап предусматривает дополнительное опробование на участках, где зафиксированы геохимические аномалии, перспективные по своей геолого-структурной позиции. Опробование проводится по коренным породам (обнажение, закопущки, керн скважин), но в случае невозможности опробования этих пород опробуются почвы. В камеральный период этого этапа проводится уточнение контуров геохимических аномалий, их состава, дополнительная интерпретация и оценка с использованием аналитических данных дополнительного опробования.

Третий этап предусматривает тщательный анализ всего собранного материала, составление геохимической основы (карты), включая необходимые разрезы, а также каталоги выявленных геохимических аномалий.

Карта составляется на нераскрашенной геолого-структурной основе. Линиями разного цвета на ней показываются аномалии разного типа и природы. Внутреннее распределение элементов внутри контура аномалии наносится условной штриховкой и крапом. Величины коэффициентов зональности (показатели уровня эрозионного среза), в условных градациях отображаются цветом аномальной зоны. Состав целиком для всей аномалии указывается индексом элемента на внешнем контуре, при чем элементы ранжируются по их относительной концентрации и в зависимости от этого наносятся индексом определенного цвета. Для перспективных геохимических аномалий дополнительно рассчитываются и выносятся на карту цифрой справа сверху от индекса элемента условные концентрации основных рудообразующих элементов, используемых как показатель принадлежности данной аномалии к определенной рудной формации.

Такая информация отражает на карте основные данные, используемые при интерпретации и оценке геохимических аномалий, определяет их геолого-структурное положение, на основе чего делается вывод о закономерностях их размещения, характеристику признаков определенных рудных формаций, с которыми увязываются выявленные аномалии, показатели уровня эрозионного среза прогнозируемого оруденения и, в отдельных случаях, (для сходных геолого-структурных условий) — относительной масштабности оруденения.

Изложенная методика позволяет наглядно и компактно представить необходимую геохимическую информацию по изучаемой терри-

тории, и провести ее оценку с учетом комплекса геологической и геофизической информации. Принятый в методике принцип позволяет в значительной степени избежать субъективности анализа.

Н. В. ТИХОНОВА, Л. Н. АЛЕКСИНСКАЯ

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ РУДОНОСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ, НА ПРИМЕРЕ БЕРИЛЛИЕВЫХ И МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

На начальном этапе геологоразведочных работ важной задачей является прогнозная оценка перспектив рудоности исследуемой территории и выделения площадей для постановки последующих поисковых работ.

Среди комплексов геохимических методов, используемых для этих целей, существенную роль играет гидрохимический метод, позволяющий выявить дополнительные признаки рудоности, проявляющиеся в водной фазе зоны гипергенеза.

В целях повышения эффективности использования этого метода, в районах расположения известных месторождений бериллия и медно-никелевых руд проводились методические работы для выявления соответствующих гидрохимических критериев, позволяющих надежно прогнозировать этот тип оруденения.

Работы проводились на ряде бериллиевых и медно-никелевых месторождений.

Основными объектами изучения являлись открытые водные ореолы и потоки рассеяния указанных месторождений, формирующиеся в процессе взаимодействия природных вод с рудными телами и их литохимическими ореолами.

В поверхностных и грунтовых водах наблюдаются повышенные содержания элементов-индикаторов, соответствующих типу оруденения, а именно бериллия, фтора, лития, меди, цинка, свинца, никеля, кобальта, молибдена, сульфатов, натрия и магния.

Водные ореолы и потоки рассеяния бериллиевых месторождений характеризуются аномально высокими содержаниями таких элементов, как литий, бериллий, фтор, молибден и сумма металлов (медь, цинк, свинец), являющихся либо собственно рудными элементами, либо элементами литохимических ореолов данных месторождений.

Концентрации указанных элементов в водных ореолах превышают содержания их в фоновых водах для бериллия в 5—20 раз, для фтора в 5—15 раз, для лития 3—10 раз, для суммы металлов в 2—10 раз. Наибольшая концентрация элементов-индикаторов наблю-

дается в околорудной зоне водного ореола и постепенно снижается в направлении водного потока. В этом же направлении происходит уменьшение контрастности водного потока рассеяния. Прослежена четкая горизонтальная зональность водных ореолов, определяющаяся как содержанием элементов-индикаторов в рудах и эндогенных ореолах, так и их миграционной способностью. В околорудной зоне водных ореолов (протяженность до 500 м) обнаруживаются аномальные содержания всего комплекса элементов-индикаторов, а именно бериллия, фтора, лития, молибдена и суммы металлов. Во внешней зоне ореола (до 1000 м) сохраняются аномальные содержания лишь фтора и молибдена, обладающих наибольшей миграционной способностью. Отсутствует или содержится в чрезвычайно малых количествах собственно рудный элемент-бериллий.

Активность миграции элементов-индикаторов определяется характером гидрохимической среды. Наибольшая подвижность их наблюдается в кислых и слабо кислых водах с рН 5,5—6,5. Наличие сопутствующей сульфидной минерализации и повышение роли связанного с ней процесса окисления сульфидов способствует более активному выносу бериллия и формированию наиболее контрастных ореолов. Для водных ореолов бериллиевых месторождений, связанных с альбитизированными и грейзенизированными гранитами, наблюдается изменение макрокомпонентного состава вод, выражающееся в увеличении содержания натрия.

Корреляционным анализом установлено наличие в ореольных водах значимой прямой, положительной связи между бериллием, натрием, фтором и сульфатами.

Таким образом, гидрогеохимическими критериями для выявления рудоносных площадей бериллиевых месторождений являются: наличие четких, контрастных аномалий по полному комплексу указанных элементов-индикаторов, повышенное содержание натрия в водах, наличие значимой корреляционной связи между бериллием, фтором, натрием и сульфатом.

Водные ореолы и потоки рассеяния сульфидных медно-никелевых месторождений характеризуются аномально высокими содержаниями в водах рудных элементов или элементов литохимических ореолов, являющихся элементами-индикаторами, а именно никеля, кобальта, меди, цинка, свинца и серебра. Содержание этих элементов в ореольных водах в 3—5 раз превышают фоновые.

Горизонтальная зональность ореолов выражена четко. Полный комплекс элементов-индикаторов наблюдается в околорудной зоне водного ореола (до 300 м). В средней зоне (до 500 м) присутствуют никель, медь, цинк. Кобальт и свинец в этой зоне, как правило, не обнаруживаются. Во внешней зоне ореола (более 500 м) наблюдаются лишь наиболее подвижные элементы — медь и цинк.

В связи с тем, что существенное значение в формировании химического состава ореольных вод играют процессы окисления сульфидов, отмечается изменение макрокомпонентного состава вод, вы-

ражающееся в увеличении сульфатов, магния и понижения рН (4,5—5,5). В водах ореолов отмечается значительное возрастание отношений никель/свинец; сульфат ион/гидрокарбонат ион; никель/медь.

Таким образом, основными гидрогеохимическими критериями выявления потенциальной рудоносности площадей являются: наличие четких, контрастных аномалий полного комплекса элементов-индикаторов (никель кобальт, медь, цинк, свинец), повышенное содержание сульфатов магния и пониженное значение рН, возрастание величины отношений вышеуказанных компонентов.

Проведенные экспедицией опытно-поисковые работы позволили на основании предлагаемых критериев выделить ряд перспективных площадей. Проведенная на трех из них проверка дала положительные результаты.

Э. Н. БАРАНОВ, И. А. ПУРИК, В. С. ПОЛИВАНОВ

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ АЭРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТРУКТУР РУДНЫХ РАЙОНОВ НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ГРУЗИИ

Выявление и прослеживание рудоконтролирующих нарушений в условиях слабо обнаженных рудных районов представляет собой сложную задачу. При маломощном элювиально-делювиальном покрове применение аэрогеологических методов часто позволяет с исключительной детальностью (дешифрируются даже мелкие трещины) выявить разрывные структуры. Однако выделение среди них нарушений, контролирующих распределение эпигенетической рудной минерализации, обычно выходит за возможности аэрогеологических методов.

Как показал опыт работ в Маднеульско-Поладаурской рудной зоне в Юго-Восточной Грузии в условиях слабо обнаженной залесенной территории, сложенной относительно монотонными вулканогенными породами, наибольший эффект при изучении разрывной тектоники района дало комплексирование аэрогеологических и геохимических методов. В результате опытно-методических работ на известных месторождениях и рудопроявлениях района было установлено, что хотя рудовмещающими структурами являются пологие, обычно согласные нарушения, распределение рудных тел и месторождений в районе контролируется крутопадающими секущими нарушениями. Вдоль них развиваются эндогенные геохимические ореолы меди, цинка, свинца, бария, молибдена, реже серебра,

кобальта, которые при мощности элювиально-делювиальных отложений до 5—10 м четко фиксируются на поверхности аномальными концентрациями элементов-индикаторов в почвах. Известные рудоконтролирующие нарушения при дешифрировании аэрофотоснимков прослеживаются на гораздо большие расстояния, чем это установлено при геологическом картировании. С ними, как правило, пространственно совпадают оси линейно вытянутых геохимических аномалий в почвах. Именно по этому признаку рудоконтролирующие нарушения четко выделяются среди многочисленных дешифрируемых разрывных нарушений.

Совместный анализ материалов дешифрирования аэрофотоснимков и материалов площадных почвенно-геохимических поисков масштаба 1 : 25000 — 1 : 50 000 позволил выделить в пределах центральной части Маднеульско-Поладаурской рудной зоны основные и второстепенные рудоконтролирующие нарушения. Установлено, что распределение месторождений и рудопроявлений контролируется крупными (протяженностью до 20 км) нарушениями северо-восточного простирания. Распределение линейно вытянутых геохимических аномалий определяется, в основном, нарушениями северо-восточного, реже близширотного простирания; нарушения северо-западного и близмеридионального простирания обычно «безрудны», но могут ограничивать распространение аномалий по площади. Подавляющее большинство геохимических аномалий обнаруживает тесную пространственную связь с разрывными нарушениями, и только для некоторых из них не устанавливается корреспондирующих им нарушений. Но оси таких аномалий обычно вытянуты согласно с простиранием известных рудоконтролирующих нарушений. Это указывает на их связь с разрывными нарушениями, которые не дешифрируются на аэрофотоснимках.

Таким образом, только комплексирование этих двух независимых и объективных методов позволило расшифровать разрывную структуру района и установить важную рудоконтролирующую роль разрывных нарушений. По данным геологического картирования (без использования данных аэрогеологических и геохимических методов) рудоконтролирующая роль разрывных нарушений представлялась явно подчиненной. Полученные данные существенно дополнили представления о металлогении района и позволили более целенаправленно и обоснованно направить поиски скрытого оруднения.

Комплексирование аэрогеологических и геохимических методов увеличивает информативность обоих методов: в результате использования данных площадных геохимических поисков при анализе аэрогеологических материалов представляется возможным выделить среди многочисленных дешифрируемых нарушений рудоконтролирующие структуры; с другой стороны, использование материалов дешифрирования аэрофотоснимков дает основание для более объективной геологической интерпретации выявляемых геохи-

мических аномалий. Особое значение комплексирование этих методов приобретает в условиях слабо обнаженных площадей, где возможности прямых геологических наблюдений резко ограничены при наличии маломощного (до 5—10 м) покрова, перекрывающих рыхлых отложений.

А. М. БОЛОТОВ, С. Б. БРАВИНА

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ГРАНИТОВ НА ПРИМЕРЕ ПРИАЗОВЬЯ И КОКЧЕТАВСКОЙ ГЛЫБЫ

В Приазовье и на Кокчетавской глыбе распространены метасоматически измененные гранитоиды, с которыми связано тантало-ниобиевое оруденение. Для них характерна циртолит — рабдофанит — бастнезит — колумбит — топаз — флюоритовая ассоциация (Розанов). Элементами-индикаторами здесь являются литий, рубидий, олово и ванадий; индикаторными отношениями магний к литию и цирконий к олову (Беус).

На древних эрозионных поверхностях этих районов в мезозое сформировалась площадная кора химического выветривания каолинового профиля, сохранившаяся от эрозии кора выветривания гранитов в Приазовье достигает мощности 40—45 м, на Кокчетавской глыбе — 60 м. В ней выделяют (Погребной, Летьшков и др.) три зоны: зона дезинтеграции пород мощностью до 17—21 м, гидрослюдистая — мощность в среднем — 14—16 м и каолиновая структурная — мощностью до 20—25 м (Приазовье) и 34 м (на Кокчетавской глыбе).

Геохимическое поведение редких элементов в профиле выветривания гранитов оценивалось с помощью коэффициента устойчивости (Лисицина). По средней величине этого коэффициента (КУ) изученные элементы в коре выветривания гранитов Приазовья выстраиваются в следующий ряд (в скобках величина КУ): скандий (1,0) — галлий (0,92) — олово (0,88) — бериллий (0,85) — тантал (0,85) — ниобий (0,84) — цирконий (0,83) — таллий (0,80) — магний (0,76) — литий (0,75) — рубидий (0,73) — цезий (0,68) — бор (0,65) — вольфрам (0,64) — стронций (0,54) — церий (0,33) — лантан (0,29).

Ряд начинается элементами инертными по отношению к агентам выветривания: скандий, галлий, бериллий, тантал, ниобий, а замыкается наиболее подвижными — бор, стронций, церий, лантан. Количество первых в коре выветривания по сравнению с материнскими гранитами почти не меняется или уменьшается незначительно (до 15%), а вторых — уменьшается почти вдвое и более. Указанный порядок выдерживается не всегда. В зависимости от

форм нахождения положение отдельных элементов в ряду может меняться.

Составленный для редкометалльных гранитов баланс показал, что основное количество тантала (до 76%) и ниобия (до 72%) связано в колумбите, значительное количество тантала (до 49%) и ниобия (до 38%) находится в глинистых минералах (каолините, галлуазите). Влияние других составляющих породы на баланс тантала и ниобия несущественно. Так, до 4% тантала и до 2,4% ниобия содержится за счет примеси в кварце, до 1% каждого из них — за счет примеси в цирколите, до 0,34% — за счет примеси в мусковите, до 0,1% — за счет примеси в ильмените. В коре химического выветривания гранитов, практически не содержащих собственных минералов тантала и ниобия, подавляющее количество этих элементов (до 94,5% тантала и до 93% ниобия) сосредоточено в глинистых минералах породы.

Следовательно, та часть тантала и ниобия, которая находится в граните в виде примеси в породообразующих минералах (полевых шпатах и слюдах), в коре выветривания почти полностью сорбируется глинистыми минералами. И только незначительное их количество (до 15—20%) выносится за пределы коры выветривания.

Таким образом, тантал и ниобий и их основной минерал-концентратор колумбит являются устойчивыми в профиле коры выветривания. Не отмечено изменения и в отношении ниобия к танталу; оно унаследуется корой выветривания от материнских гранитов. Не изменяется это отношение в профиле выветривания и в колумбитах.

Цирконий в гранитах находится в форме устойчивых к выветриванию минералов — цирконе и цирколите. Корой выветривания полностью унаследуется его первичное распределение в материнских гранитах.

Высокий коэффициент устойчивости олова обусловлен главным образом наличием собственного минерала — касситерита.

Что же касается легкоподвижных элементов, то активный гидродинамический режим формирующейся коры выветривания способствовал их выносу. В нашем примере вынесены значительные количества церия и лантана. Вероятно, вся их масса, находящаяся в форме метасоматических минералов — бастнезита и рабдофаните, легко разрушающихся при выветривании, вынесена за пределы коры выветривания гранитов. Осталась лишь та часть церия и лантана, которая связана с монацитом.

Остальные микроэлементы ряда, высвобождаясь из породообразующих минералов в процессе выветривания гранитов, частично аккумулируются глинистыми минералами коры выветривания. Вычисленные коэффициенты устойчивости для каждого из них, по-видимому, характеризуют их степень сорбируемости.

В профиле коры выветривания зон эндоконтакта некоторых массивов гранитов Кокчетавской глыбы вверх по разрезу наблюдается рост абсолютных содержаний тантала и ниобия (с опережением первого), а также циркония.

Одновременно увеличиваются и содержания их основных минералов-концентратов — колумбита и циртолита.

Однако по мере удаления от контакта к средней части тех же массивов содержание тантала и циркония в верхних горизонтах коры выветривания постепенно снижается и становится ниже, чем в гранитах. Это позволяет предположить, что отмеченная концентрация тантала и циркония обусловлена не их накоплением при выветривании, а особенностями первичного распределения в эндо-контактных частях массивов.

Индикаторные отношения (магний к литию и цирконий к ниобию) в процессе выветривания изменяются незначительно, уменьшаясь в каолиновой зоне примерно на 20%.

Необходимо обратить внимание на отличительные особенности метасоматически измененных гранитов, унаследующиеся их корами выветривания. С увеличением роли ниобия в них, снижается содержание лития, рублидия и резко возрастает количество циркония, с этим происходит рост отношения циркония к олову, так как количество последнего остается почти неизменным. Поэтому величины индикаторных содержаний лития и рублидия для ниобиеносных кор выветривания оказываются в два раза ниже, а циркония в три раза выше, чем для танталоносных.

Танталоносные коры выветривания по предварительным данным содержат (в г/т): лития — более 75, рублидия — более 600, цезия — более 17, олова — около 20, ниобия — 120—130; отношение ниобия к танталу в них равно или меньше 8, магния к литию — меньше 57, циркония к олову — меньше 35.

Древние (палеогеновые, мезозойские и более ранние) коры выветривания редкометальных гранитов и пегматитов, развитые на территории СССР, не только сами представляют промышленный интерес, они также служат источником формирования россыпных месторождений редких металлов, в том числе тантало-ниобатов, россыпи последних, из-за их хрупкости, могут образовываться в непосредственной близости от источников сноса, на расстоянии до 5 км. Это россыпи ближнего сноса: делювиальные, пролювиальные и аллювиальные. В 1965—66г.г. были обнаружены россыпи тантало-ниобатов, приуроченные к отложениям прибрежных фаций древних (средне-сарматского и верхнемелового) морей, что резко расширило перспективы поисков россыпных месторождений тантала. Однако такие россыпи могли возникнуть только при наличии следующих дополнительных важных факторов:

1. Расчленение коренного ложа тектоническими движениями (сбросами) с образованием грабенообразных впадин или долин, являющихся ловушками для денудированных продуктов коры выветривания.

2. Наличие значительных площадей — источников тантало-ниобатов: крупных полей редкометальных пегматитов, массивов метасоматически измененных гранитов.

3. Незначительная степень сортировки обломочного материала (быстрое захоронение).

IV. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, МЕТОДИКА СБОРА И ОБРАБОТКИ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ю. С. МОРСОВ, Л. С. СОКОЛОВ

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЯДЕРНОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПРИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКАХ

Одним из основных факторов эффективного применения геохимических поисков является обеспеченность их оперативной аналитической базой. Оперативность выполнения анализов позволяет своевременно корректировать направление работ, проверять полученные результаты, решать поставленные задачи в короткий (сезонный) срок и т. п. Решение этого вопроса может быть достигнуто путем определения содержаний элементов в горных породах без пробоотбора непосредственно в поле (на профиле), либо в пробах, анализируемых в полевой лаборатории.

При решении этой задачи немаловажное значение, по-видимому, должно принадлежать ядернофизическим методам анализа. В настоящее время имеются приборы и методики для экспрессных ядернофизических анализов, однако практически все они разработаны для определения высоких содержаний элементов в рудах, концентратах и продуктах технологической переработки руд. Порог чувствительности таких анализов, как правило, не ниже $1,10^{-2}$ — $1,10^{-3}\%$.

Задачей наших работ являлось выяснение возможностей применения различных полевых ядернофизических методов при геохимических поисках на редкие элементы. Составными частями задачи является изыскание путей повышения чувствительности полевых анализов до уровня околосредних содержаний элементов, разработка методик проведения анализов, обработка и интерпретация полученных материалов. Такое направление работ должно привести к планомерному расширению круга анализируемых элементов. Существенным является проверка разработанных методик при геохимических поисках на перспективных площадях с возможностью получения прямой практической отдачи и внедрения разработанных методик в повседневную практику геохимических поисков местных

геологических организаций, пробуждение у них интереса к таким работам в которых органически объединяются геохимические методы поисков с современными средствами получения геохимической информации — с применением ядернофизических методов анализа.

Первые опытные работы по полевым ядернофизическим методам анализа были начаты нами в 1964 г. Выяснились возможности применения фотонейтронного метода анализа при геохимических поисках месторождений бериллия. В процессе работ на одном из месторождений (была разработана и апробирована методика определения бериллия с порогом чувствительности $4-6 \cdot 10^{-4}\%$ в горных породах непосредственно на профиле. При анализе геохимических проб в условиях полевой лаборатории был достигнут порог чувствительности $1-3 \cdot 10^{-4}\%$. В процессе этих опытных работ было показано, что полевые бериллометры позволяют довольно уверенно выделять в конкретных ландшафтно-геохимических условиях контуры эндогенных геохимических ореолов бериллия. Вместе с методическими результатами были получены и первые практические результаты, в частности были выявлены две аномалии бериллия на флангах месторождения, не зафиксированные ранее проведенной металлометрической съемкой.

В последующие годы мелко-, средне- и крупномасштабные бериллиометрические поиски были проведены в степном; горнотаежном и в лесостепном районах. Эти работы показали, что в различных ландшафтно-геохимических условиях поиски с использованием бериллометров могут дать большой практический эффект. Так в пределах рудного поля одного из месторождений было выявлено несколько промышленных рудных тел, а кроме того был установлен ореол бериллия, при проверке которого буровыми работами вскрыты богатые бериллиевые руды на глубине. При проведении поисков с применением бериллометрии в лесостепном районе выявлено рудопоявление бериллия, рудная минерализация в котором представлена эвклазом, бериллом, фенацитом и бертрандитом. Данный генетический тип является новым для рассматриваемого района.

С 1968 г. начались работы по применению нейтронно-абсорбционного метода анализа для определения в горных породах бора и лития без отбора проб. Была разработана приставка к полевому бериллометру и методика проведения анализов с порогом чувствительности около $3 \cdot 10^{-3}\%$ при использовании сравнительно мало-мощного источника нейтронов. Методика проверена на рудопоявлениях бора в Центральном и Северном Казахстане. Недостатком нейтронно-абсорбционного метода является отсутствие селективности в определении бора и лития. Однако, при геохимических поисках возможен принципиально новый подход, который позволяет эффективно использовать этот недостаток, в частности, когда и литий и бор одновременно являются индикаторами оруденения. В таких случаях метод аппаратурного суммирования аномального

эффекта по нескольким элементам может позволить получить более контрастные, своего рода аддитивные ореолы.

В последние годы нами разрабатываются методики полевых рентгенорадиометрических анализов на редкие элементы. Метод чрезвычайно перспективен, т. к. принципиально позволяет с одной и той же аппаратурой поочередно проводить анализы на большую группу элементов. Уже в настоящее время нами разработана методика полевых определений цезия с порогом чувствительности $1-2 \cdot 10^{-3}\%$, олова — $5-6 \cdot 10^{-3}\%$. Причем аппаратурные возможности метода далеко не исчерпаны. Однако и достигнутые результаты позволяют уже сейчас использовать рентгенорадиометрические анализы при геохимических поисках.

Как и для полевых нейтронно-абсорбционных и рентгенорадиометрических анализов целесообразно применение методик выявления суммарного аномального эффекта от нескольких генетически взаимосвязанных элементов-индикаторов. Это позволит не только увеличить контрастность аномалий, но и повысить в несколько раз производительность и чувствительность аппаратуры. После выделения аномалий в случае необходимости можно сделать их поэлементную расшифровку. На редкометалльных объектах, например, возможно и целесообразно выделение таких пар элементов-индикаторов как тантал — вольфрам, цезий — олово, ниобий — рубидий.

Можно считать по аналогии, что альфа-нейтронный метод можно использовать для суммарного определения группы элементов, характерной для редкометалльных месторождений: бериллий, литий, фтор, бор, натрий. Работы по выяснению возможностей данного метода при геохимических поисках следует провести.

В заключение приводим таблицу, в которой сведены предварительные результаты работ по выяснению возможностей применения ядернофизических методов анализа при геохимических поисках.

Дальнейшие работы предусматривают постепенное расширение круга анализируемых элементов, повышение чувствительности, увеличение производительности и надежности анализов, что позволит в конечном счете широко внедрить ядернофизические методы анализа в практику геохимических поисков.

Элемент	Метод анализа	Производительность за 6 час.	Порог чувствительности	
			В естеств. залегании	В полевой лаборатории
Бериллий	Фотонейтронный Рентгенорадиометрический	15—25	$4-6 \cdot 10^{-4}$	$1-3 \cdot 10^{-4}$
Цезий		15—25	$1-2 \cdot 10^{-2}$	$1-2 \cdot 10^{-3}$
Олово	»	15—25	—	$5-6 \cdot 10^{-3}$
Олово + цезий	»	30—40	$5-7 \cdot 10^{-3}$	$7-9 \cdot 10^{-4}$
Тантал + вольфрам	»	30—40	—	$5-8 \cdot 10^{-3}$

ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В НАЛОЖЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛАХ

Огромный размах работ по изучению экзогенных ореолов находится в резком противоречии с весьма скромными масштабами исследований их вещества.

При исследовании ореолов важно различать автохтонные и аллохтонные образования. Основным здесь является наличие минералого-петрографической связи с месторождением при формировании автохтонных отложений и отсутствие такой связи для аллохтонных отложений.

В экзогенных ореолах концентрация элементов-индикаторов возможна в следующих основных формах: неизменные минералы руд и первичных ореолов; продукты их гипергенной переработки «на месте» новообразования, возникшие из подземных вод, обогащенных при взаимодействии с рудами и первичными ореолами.

В автохтонных образованиях, содержащих элементы-индикаторы во всех перечисленных формах, изучение форм нахождения — основной метод, позволяющий объяснить гипергенную зональность ореолов, разработать на этой основе поисково-оценочные критерии и, следовательно, решить задачу геохимической интерпретации, выявленных при поисках аномалий. Вместе с тем, эти ореолы обычно контрастны и выявляются при спектральном определении элементов.

В аллохтонных отложениях проявлены исключительно наложенные ореолы. Элементы-индикаторы здесь концентрируются в форме новообразований. Для этих ореолов наиболее вероятно появление небольших абсолютных содержаний элементов. Изучение форм нахождения здесь прежде всего необходимо для повышения чувствительности выявления ореола.

Изучение форм нахождения элементов в экзогенных и, особенно, наложенных ореолах обычными минералогическими методами оказалось затруднительным, в связи с невысокими концентрациями элементов, большой дисперсностью материала исследований, наличием безминеральных форм (сорбционной, органично-минеральной, поровые растворы) и невозможностью количественной оценки соотношения различных форм.

При формировании экзогенных ореолов в автохтонных образованиях гипергенные изменения рудных минералов происходят в условиях высоких концентраций элементов. Это обуславливает большое разнообразие гипергенных минералов в автохтонных породах.

Для экзогенных ореолов в аллохтонных отложениях характерны иные закономерности. Низкие концентрации элементов обуславливают их дефицитность и, в соответствии с принципом торможения химических реакций (по А. И. Перельману), реализуются лишь реакции с наименьшим изобарным потенциалом. Эти процессы резко сокращают возможности гипергенного минералообразования. В результате формы нахождения элементов-индикаторов определяются во многом составом эпигенетических новообразований макроэлементов (элементов-индикаторов).

Эти соображения позволяют наметить пути разработки методов изучения форм нахождения элементов в экзогенных ореолах и оценить их возможности для различных лито-генетических типов пород.

Важнейшими формами нахождения элементов в наложенных ореолах рассеяния являются воднорастворимые соединения (сульфаты и хлориды), обменно-сорбированный комплекс элементов, карбонаты, органо-минеральные соединения, гидроокислы и окислы железа, глинистые минералы. Все они могут быть с достаточной избирательностью извлечены из пород фазовым химическим анализом или минералогическими методами.

На основе сопоставления схем фазового анализа, применяемых при изучении состава руд, литолого-геохимических и почвенно-геохимических исследованиях, а также на основе экспериментальных данных авторов предлагается следующая технологическая схема последовательного извлечения из пород и почв важнейших минералого-геохимических фаз, определяющих формы нахождения элементов:

1. Воднорастворимые соединения — извлечение водно-спиртовым раствором.

2. Обменно-сорбированный комплекс — извлечение спиртовым раствором хлористого калия.

3. Карбонаты и воднорастворимые сульфаты — извлечение буферной ацетатной смесью (рН — 4,2).

4. Органно-минеральные соединения — обработка перекисью водорода с последующей чисткой ацетатной смесью.

5. Гидроокислы железа — обработка реактивом Честера (раствор гидроксиламина солянокислого и уксусной кислоты, рН — 1,7).

6. Окислы железа (для пород кварц-каолинитового или кварц-гетитового состава) — обработка раствором бн соляной кислоты.

7. Глинистые минералы — водномеханическое выделение фракции менее 0,005 мм с последующей ее чисткой реактивом Честера.

Рассмотрены варианты схемы для пород различного состава.

В зависимости от конкретных ландшафтно-геохимических или литолого-геохимических условий часть из перечисленных фаз может отсутствовать и, следовательно, не требует изучения. Вместе с тем, даже в случае многофазной системы, аномальная составляющая наложенных ореолов может быть сконцентрирована в сравнительно немногих фазах. При проведении поисковых работ в большинстве

случаев можно ограничиться извлечением одной-двух фаз, наиболее контрастно концентрирующих элементы-индикаторы.

Дальнейшие исследования при изучении наложенных ореолов рассеяния микроэлементов должны заключаться в усовершенствовании методик извлечения органических соединений, окислов и гидроокислов железа, гидроокислов алюминия и кремния и создания полевых экспрессных вариантов изучения форм нахождения элементов.

Э. И. ТИХОМИРОВА

О ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЭКСТАКЦИОННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕДИ И ЦИНКА

Чувствительность аналитического реагента (реакции), как правило, значительно выше чувствительности метода с применением этого реагента. Известны все факторы, понижающие чувствительность метода. Из них первостепенное значение имеет мешающее влияние третьих элементов. Применяя тот или иной метод, аналитик должен хорошо представлять себе его возможности и ограничения. Нами оценивалась чувствительность определения меди с 2,2'-дихинолилом и цинка с дитизоном. Были использованы рабочие инструкции, применяемые в аналитической практике Бронницкой ГПП.

Оценка чувствительности в идеальных условиях (в отсутствие мешающих элементов) показала, что за определяемый минимум (ошибка не более $\pm 30\%$ отн.) можно принять содержание, равное 0,2 мкг меди, цинка.

Чтобы оценить чувствительность методов в условиях технического анализа, изучали влияние других элементов. Опыты показали:

1. При определении меди ошибка не превышает 0,1 мкг в присутствии 10 мкг железа, алюминия, свинца; 1 мкг цинка, кадмия и никеля 250 мкг кобальта; 2,5 мкг титана и циркония; 5 мкг молибдена.

2. При определении цинка ошибку, равную 0,1 мкг, дают: 300 мкг железа, 200 мкг свинца, 50 мкг никеля, 20 мкг меди, 7 мкг кадмия, 2 мкг кобальта. Наши данные о мешающем влиянии железа при определении цинка опровергают распространенное мнение, что железо легко маскируется комплексообразователями, в частности, фторидами.

4. Низкая избирательность дитизинового метода при определении цинка заставила испытать маскирующие свойства тиомочевины и тиосульфата. Нами установлено, что тиосульфат эффективнее.

Увеличение количества тиосульфата в 2 раза, по сравнению с обычно используемыми, дало уменьшение влияния меди в 5 раз. Начаты поиски возможностей определения цинка в пробах, содержащих значительные количества железа. Замена фторидных комплексов железа более прочными гартратными и цитратными оказалась невозможной из-за снижения коэффициента экстракции цинка. Широко применяемое отделение железа путем осаждения аммиаком или уротропином приводит к большим потерям цинка. Представляются перспективными неопробованные пока некоторые методы экстракционного разделения железа и цинка.

Считая допустимой ошибку, равную $\pm 0,1$ мкг. определяемого элемента, заключаем, что:

1. Определение меди возможно с чувствительностью 0,2 мкг. ($2 \cdot 10^{-4}\%$ при навеске 1 г., разведении 50 мл. и аликвоте 5 мл), если содержание железа, алюминия и свинца в пробе не превышает 10%; молибдена и кадмия — 5%; цинка и никеля — 1%; титана и циркония — 0,5%; кобальта — 0,25%.

2. При определении цинка достижима чувствительность 0,2 мкг ($2 \cdot 10^{-4}\%$ при навеске 1 г, разведении 50 мл и аликвоте 5 мл), если содержание железа в пробе не превышает 0,3%; свинца — 0,2%; никеля — 0,5%; меди — 0,02%; кадмия — 0,007%; кобальта — 0,002%.

Высокая избирательность дихинолилового метода дает возможность в ряде случаев повысить чувствительность определения меди путем увеличения эффективной навески.

Низкая специфичность дитизонового метода часто вынуждает уменьшать эффективную навеску, что приводит к снижению чувствительности определения цинка.

В. С. КАРПУХИНА, Э. Н. БАРАНОВ

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ-ИНДИКАТОРОВ В ЭНДОГЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛАХ КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Изучение форм нахождения элементов-индикаторов в эндогенных геохимических ореолах проводилось в течение 1963—1970 г.г. на 10 колчеданных и полиметаллических месторождениях: Шамлугском, Ахталском и Маднеульском на Малом Кавказе, Красногвардейском и Ново-Андреевском на Среднем Урале, Гайском, Молодежном, Озерном и Узельгинском на Южном Урале и Ленинградском на Рудном Алтае.

Было отобрано и исследовано 856 проб, из которых выделены и

изучены методами минералогического, химического и спектрального анализов тяжелые и легкие фракции, коллективные сульфидные концентраты, монофракции сульфидных (в основном, пирита) и породообразующих минералов. С целью установления минералов-концентраторов и носителей элементов-индикаторов в ореолах определялся минеральный баланс распределения этих элементов в рудовмещающих породах. Для установления форм нахождения широко использовался фазовый анализ на медь, цинк, свинец и молибден в породообразующих минералах и пиритах.

Проведенные исследования позволили установить следующие основные особенности форм нахождения элементов-индикаторов колчеданного оруденения и их распределения в эндогенных геохимических ореолах.

1. Подтверждено, что основная форма нахождения меди, цинка, свинца, серебра, а также молибдена, кобальта, никеля и мышьяка в ореолах — сульфидная: в виде примеси в пиритах и, в подчиненном количестве, собственные минералы меди, цинка, свинца, мышьяка, молибдена. Пирит и другие сульфиды присутствуют в породах в виде микроскопической и субмикроскопической вкрапленности в парагенетической ассоциации с новообразованными гидротермальными минералами (кварцем, серицитом, хлоритом и карбонатами). Барий находится в ореолах в виде барита и как примесь в карбонатах и серицитах.

2. Основным минералом-концентратором меди, цинка, свинца, молибдена, кобальта, серебра, мышьяка, никеля во внешних зонах ореолов является пирит и только в близрудных зонах ореолов с высокоаномальными содержаниями элементов-индикаторов появляются халькопирит, сфалерит, галенит, блеклые руды, арсенопирит, бронит, молибденит и барит.

3. В околорудных гидротермально измененных породах основная масса элементов-индикаторов (до 50—80%) связана с тонкозернистыми серицит-хлорит-кварцевыми агрегатами, слагающими основную массу этих пород. В серицит-хлорит-кварцевых, серицит-кварцевых и кварцевых метасоматитах основными минералами-носителями являются пириты, для меди, свинца, цинка, молибдена и бария — часто их собственные минералы, а также хлориты, серициты. По данным микроскопических исследований и фазового анализа основная форма нахождения меди, свинца и молибдена в хлоритах, серицитах, кварце и карбонатах — сульфидная — тончайшие выделения пирита и других сульфидов. Для части цинка по данным фазового анализа, наряду с сульфидной формой нахождения, возможно изоморфное вхождение в хлориты и серициты (до 50—80% от общего количества).

4. Медь, цинк, свинец в пиритах находятся преимущественно в виде халькопирита, сфалерита и галенита, образующих микроскопические и субмикроскопические включения, в основном «механические», захваченные в процессе роста пирита, реже образующиеся в результате замещения пирита по микротрещинам. Возможный

верхний предел вхождения в решетку исследованных пиритов Гайского и Ленинградского месторождений составляет для меди — 0,01—0,063%, для цинка — 0,01—0,17% для свинца — 0,01—0,034%.

5. Выявлено четкое различие в минеральном составе коллективных сульфидных концентратов из ореолов медноколчеданных и полиметаллических месторождений. В концентратах из ореолов медноколчеданных месторождений, помимо резко преобладающего пирита, в значительных количествах (до 15—20%) присутствует только халькопирит, сфалерит и галенит встречаются редко и в малых количествах (2—3%). В концентратах из ореолов полиметаллических месторождений возрастает количество сфалерита и галенита (до 25—30%), отмечено присутствие киновари, появляется блеклая руда. Контрастно различаются пириты из ореолов медноколчеданных и полиметаллических месторождений по величинам отношений легкорастворимых (собственных минеральных) к трудноизвлекаемым (освобождающиеся при разрушении решетки пирита) формам для меди, цинка, свинца. Они составляют соответственно 1,5—1,8 для пиритов из ореолов Гайского месторождения и 6,5—10,0 — Лениногорского месторождения.

6. Размеры надежно выявленных ореолов значительно увеличиваются при использовании тяжелых фракций и в еще большей степени — коллективных сульфидных концентратов и пиритов. Так, на Гайском месторождении ширина ореолов меди, цинка, свинца, молибдена и кобальта, выделенных с вероятностью 99,9%, увеличивается при использовании тяжелых фракций в 3 раза, а около Быструшинской залежи Лениногорского месторождения при использовании коллективных сульфидных концентратов в 3—10 раз. При этом, ореолы отдельных элементов, которые по данным валового опробования не достигают уровня эрозионной поверхности или устанавливаются в низкоаномальных полях, при изучении тяжелых фракций, коллективных сульфидных концентратов и пиритов резко расширяются и прослеживаются до эрозионного уровня в высокоаномальных полях.

7. Зональное распределение основных элементов-индикаторов меди, цинка, свинца, мышьяка, бария в ореолах корреспондирует изменению минеральных форм их нахождения в ореолах: барит, галенит, сфалерит, блеклые руды, характерны для верхнерудных и надрудных зон ореолов, в подрудных зонах основным минералом — концентратом и носителем является пирит. Изменение параметров зонального строения ореолов, выявленное по соотношениям элементов-индикаторов в тяжелых фракциях, коллективных сульфидных концентратах и пиритах, аналогично таковым для валового опробования, но контрастность показателей зональности по данным тяжелых фракций и коллективных сульфидных концентратов в 3—5 раз выше, чем по валовым пробам, а по пиритам близка к контрастности валового опробования или ниже.

Установленные особенности форм нахождения элементов-индикаторов в ореолах колчеданных месторождений имеют большое практическое и научное значение. При использовании тяжелых

фракций, коллективных сульфидных и пиритовых концентратов повышается надежность определения типа колчеданного оруденения и оценки уровня пересечения ореолов, увеличивается глубинность геохимических поисков скрытого колчеданного оруденения по эндогенным ореолам, что особенно важно на участках с литолого-структурными экранами в разрезе.

Тесный парагенезис пирита, несущего основные концентрации халькофильных элементов, молибдена и кобальта, с кварцем, серицитом, хлоритом в гидротермально измененных породах и метасоматитах подтверждает синметасоматическую природу геохимических ореолов колчеданных месторождений. Тожественность минерального состава ореолов и руд и аналогичные структурные соотношения рудных минералов в ореолах и рудах подтверждают генетическое единство ореолов и рудных тел.

А. Д. ГОРШЕНИН, А. А. ГУСЕЛЬНИКОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЙ БОРА В МАГНИТНЫХ ФРАКЦИЯХ ШЛИХОВ ПРИ ПОИСКАХ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ СКАРНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОРА

Предлагается метод повышения информативности шлихов в отношении борного оруденения в результате определения содержаний бора в магнитной фракции шлиха. Метод основан на повышении содержаний бора в магнитных фракциях шлихов, связанных с разрушением месторождений бора магнезиально-скарновой формации, вследствие обогащения таких шлихов сростками магнетита с людвигитом и ссайбелиитом. Контрастность выявляемых аномалий будет достаточно высока, если учесть, что для магнетита вообще характерны низкие содержания бора — меньше 0,0006% (г. Хардер, 1965 и наши данные по 91 пробе магнетитов из 20 разновидностей интрузивных пород Горной Шории и Хакассии).

Аномалии содержания бора в магнитных фракциях шлихов по водотокам, дренирующим скарново-рудные зоны, были установлены на участке одного месторождения Горной Шории с ссайбелиит-магнетитовым оруденением в магнезиальных скарнах. Аномальные содержания бора составляют 0,0024—0,0048%. Содержания бора в соседних водотоках, не дренирующих рудные участки, в основном — меньше чувствительности анализа (0,0006%) реже — равные ей и соответствуют фоновым. Протяженность выявленной аномалии по водотоку около 2 км. Бор в магнитных фракциях связан с аномально повышенной бороносностью аполудвигитового магнетита месторождения (0,0010—0,0020% В) и незначительным количеством ссайбелиита в сростках с магнитом.

Применение изложенного метода рекомендуется при специализированных поисках на бор. Кроме того, данные определения содержания бора в магнитных фракциях шлихов можно использовать при любых поисково-съёмочных работах. Отбор проб производится в среднем через 500 м по водотокам с отмывкой серого шлиха и последующим выделением магнитной фракции в количестве не менее 0,5 г. Выделенный материал используется для определения бора спектральным методом.

А. Д. ГОРШЕНИН, В. Г. ШИРМАН

ВЫДЕЛЕНИЕ МОНОФРАКЦИЙ МИНЕРАЛОВ ПРИ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ С ПОМОЩЬЮ ГРАВИТАЦИОННОЙ ГРАДИЕНТНОЙ ТРУБКИ

Одним из технически сложных вопросов в методике минералого-геохимических исследований является выделение мономинеральных фракций высокой степени чистоты. Применяющиеся в настоящее время методы выделения монофракций часто не дают желаемых результатов.

Применение гравитационной градиентной трубки для этих целей дает возможность выделять монофракции (чистотой до 100%) для минералов, плотность которых не превышает $4,3 \text{ г/см}^3$, из материала с крупностью зерна $0,1\text{—}0,25 \text{ мм}$.

Разделение минералов в гравитационной градиентной трубке обусловлено тем, что при создании разницы температур в верхнем и нижнем концах вертикальной колонки тяжелой жидкости (бромформ, иодистый метилен, жидкость Клеричи) возникает градиент плотности жидкости (М. Я. Кац, 1966).

Минеральные зерна, помещенные в пробирку с тяжелой жидкостью, после достижения равновесия устанавливаются на уровнях, где плотность минералов или их сростков равна плотности жидкости. Отобрав материал на соответствующих участках колонки, получают мономинеральные фракции.

Основное достоинство и специфика метода градиентной трубки по сравнению с другими методами гравитационной группы заключается в возможности разделения минералов, незначительно различающихся по плотности. Наши исследования, проведенные на одном из вариантов гравитационной градиентной трубки конструкции М. Я. Каца и В. В. Баранова, показали возможность при массовом выделении монофракций разделять образцы, плотность которых различается на тысячные доли г/см^3 при производительности 3—4 пробы в смену.

В применении метода градиентной трубки в минералого-геохимических исследованиях намечается несколько наиболее перспективных направлений: дочистка монофракций или концентратов минералов, выделенных другими методами; разделение смесей минералов, различающихся по плотности, но не разделяющихся или неполностью разделяющихся другими методами (моноклинные и ромбические пироксены; пироксены и амфиболы; амфиболы и эпидоты; гранаты и везувианы); разделение монофракций на фракции в более узких интервалах плотности в случае, когда изменение состава влечет за собой изменение плотности (зональные плагиоклазы, турмалины, везувианы); выделение зерен, обогащенных микровключениями (серицит и цойзит в плагиоклазах, циркон и апатит в слюдах и турмалинах, пертиты в калиевых полевых шпатах).

Эффективность методики была нами проверена на примере 150 экспериментов.

А. П. ЕГОРОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ-ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ВЫБОРА НАИБОЛЕЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ИХ КОМБИНАЦИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ СУММИРОВАННЫХ ПАРАМЕТРОВ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

В последнее время для повышения контрастности параметров геохимических аномалий применяется аддитивное и мультипликативное суммирование содержаний элементов-индикаторов в отдельных пробах (Григорян С. В. и др.).

Выбор наиболее информативных комбинаций элементов-индикаторов при расчете суммированных содержаний для оконтуривания ореолов, вычисления показателей зональности и т. п. должен учитывать генетические связи между рудообразующими элементами и их элементами-спутниками.

Указанные генетические связи элементов, определяющиеся главным образом их геохимическим родством, нашли общее выражение в едином ряде зональности элементов-индикаторов эндогенных ореолов, выведенном С. В. Григоряном.

Однако, в отдельных случаях положение элементов в этом ряду нарушается и затушевывается особенностями рудообразующего процесса, состава вмещающих пород, положением различных стадий минералообразования и др., что вызывает значительные трудности при выборе оптимальных комбинаций элементов-индикаторов для расчета суммированных параметров малоконтрастных ореолов и особенно малоизученных в этом отношении рудных формаций.

В подобных случаях в группу суммируемых элементов-индикаторов важно включить только те, для которых установлено, что изменение их содержаний в ореоле связано именно с процессом рудообразования, а не случайно или обусловлено другим минералообразующим процессом. Кроме того, необходимым эффектом от суммирования будет получен только при объединении элементов с однозначно направленными градиентами изменения концентраций в ореоле.

Наш опыт по изучению ореолов редкометалльных пегматитов показывает, что исследование корреляционных зависимостей между элементами-индикаторами в ореолах позволяет уточнить группы суммируемых элементов как с точки зрения их связи с рудными и ореолообразующими элементами (например, с литием и цезием) так и в отношении направления градиентов концентраций отдельных элементов-индикаторов.

Например, олово и медь, для которых наблюдается повышение содержания в ореоле (не позволяющее, из-за малой контрастности, отстроить моноэлементные ореолы), имеют разнонаправленные градиенты концентраций в ореоле, что не позволяет объединить их в единую группу при суммировании. Изучение парной корреляции между литием, цезием, оловом и медью в ореолах изученных пегматитов показало следующее:

Пары элементов	Li—Cs	hl—Sn	Li—Cu	Cs—Sn	Cs—Cu	Sn—Cu
Характер связи	значимая +	значимая +	значимая —	значимая +	значимая —	значимая —

*) при 95% уровне значимости.

Расчет коэффициентов парной корреляции для других элементов-индикаторов показал, что положительная связь разного уровня значимости с литием, цезием и между собой наблюдается для Sn, Ge, Ga, В и некоторых других, тогда как для Cu, Co, Ni, V, Mn при положительной связи между собой отмечается отрицательный характер связи с элементами первой группы.

Иными словами, объединение элементов этих двух групп в одну комбинацию при суммировании вызывает снижение контрастности соответствующих параметров ореолов. В то же время использование элементов этих групп для расчета различных индикаторных отношений позволяет наметить пути оценки перспективности отдельных срезов ореолов изученных пегматитов.

Представляется интересным отметить, что изучение корреляционных связей элементов-индикаторов имеет значение и при расчете суммированных показателей при интерпретации вторичных металлогенетических аномалий. Так на одном из участков развития редкометалльных пегматитов. Калбы расчет коэффициентов парной корреляции

ляции между Li, Rb, Cs, Be, Sn, W, Nb, Pв позволил выделить наиболее информативную группу из Li, Be, Cs и Sn аддитивные и мультаномалии которые являются наиболее контрастными и связанными только с наиболее интересными в практическом отношении типами пегматитов.

В. З. ТУМАНЯН

О ГЕОХИМИЧЕСКОМ СМЫСЛЕ МУЛЬТИПЛИКАТИВНОГО МЕТОДА ВЫЯВЛЕНИЯ ОРЕОЛОВ

Мультипликативный метод обнаружения ореолов был предложен в 1970 г. нами совместно с С. В. Григоряном как математический метод, позволяющий выявлять поля слабоконтрастных аномалий. За истекшие два года метод прошел серьезную проверку на большом фактическом материале (более 80 тыс. проб по ЦГЭ и ИМГРЭ) и продемонстрировал высокую геохимическую эффективность. Для гидротермальных, пневматолитовых (редкометальных), ликвационных и других месторождений применимость метода доказана практически. Мы располагаем убедительным материалом, подтверждающим наличие мультипликативных ореолов и на месторождениях других типов, таких, например, как алмазоносные кимберлитовые трубки Якутии, осадочные месторождения бокситов; фиксируются они в процессах современного осадконакопления (Азовское море).

Такой диапазон применимости позволил нам сделать предположение, что мультипликативный метод дает возможность обнаруживать общие особенности рудогенных образований, а не является только абстрактным математическим приемом, повышающим контрастность ореолов. Это предположение подтвердилось, и мы попытаемся, вкратце, его здесь изложить для определения геохимического смысла мультипликативных ореолов, который оставался до самого последнего времени не выясненным. Последний сводится к следующему:

1. Мультипликативный метод обнаруживает приращение энтропии — важнейшего термодинамического показателя необратимых процессов, протекающих в ореольном (околорудном) пространстве месторождений любых типов. Формула, по которой производится построение мультипликативных ореолов, совпадает с выражением для энтропии процессов инфильтрации и диффузии с точностью до постоянного коэффициента (универсальной газовой постоянной).

2. Мультипликативный метод в компактной форме использует всю информацию, содержащуюся в результатах геохимических ис-

следований. Количество этой информации прямо пропорционально (в силу формулы Больцмана) значению логарифма произведения содержаний элементов в каждом исследуемом образце.

3. Факт убывания энтропии в ореольном пространстве указывает, что образование любого месторождения невозможно (в соответствии со вторым началом термодинамики) без воздействия внешних сил, совершающих положительную работу. Мультипликативный метод регистрирует этот признак и позволяет оценить совершенную работу количественно.

Перечисленные положения раскрывают причины высокой геологической эффективности метода и, вместе с тем, накладывают определенные требования на условия его применения. Последнее обусловлено тем, что падение энтропии и воздействие внешних сил, регистрируемые методом, происходит не только в связи с формированием рудных тел. Существует много причин, приводящих к падению энтропии, например, метасоматоз, гидротермальная проработка пород, не завершившаяся образованием месторождения ипр. Во всех таких случаях решающим фактором является правильный выбор показателей (в нашем случае элементов-индикаторов) изучаемого процесса и мультипликативное (как наиболее эффективное) обнаружение суммарного их влияния. Пренебрежение этим важным условием (перемножение подряд всех содержаний элементов, имеющихся в распоряжении исполнителей) может привести к заведомо неверным геологическим выводам и, как следствие, к дискредитации этого эффективного метода.

М. С. ВАСИЛЬЕВА, Л. А. ТИДЕМАН

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ДЕСКРИПТОРНОГО СЛОВАРЯ ПО ГЕОХИМИИ

Увеличение объема и сложности информации привели к такому положению, при котором традиционные библиотечно-библиографические методы и средства поиска информации становятся неприемлемыми, вследствие их низкой эффективности. Поэтому поиск информации, точнее, механизация такого поиска становится одной из важнейших проблем совершенной информатики.

Отечественный и зарубежный опыт создания информационно-поисковой системы (ИПС) показывает, что на современном этапе развития информационной службы наиболее перспективна документальная поисковая система дескрипторного типа с развитой семантикой.

При разработке ИПС дескрипторного типа работа в основном сводится к созданию тезауруса. Под тезаурусом понимается специ-

альный словарь-справочник, в котором перечислены все лексические единицы информационно-поискового языка (дескрипторы) с соответствующими иерархическими связями между ними, а также синонимичные им ключевые слова и словосочетания.

Дескрипторный словарь по геохимии, составление которого поручено ЦГЭ ИМГРЭ, войдет в отраслевой тезаурус по геологии в виде одного из дескрипторных полей — тематических направлений.

При создании дескрипторного словаря по геохимии составители руководствовались «Методическими указаниями по составлению дескрипторного словаря» (ОНТИ ВИЭМС) и в то же время учитывали дополнительные особенности, выявлявшиеся при анализе и обработке информационных документов.

Работа по составлению словаря проводилась в несколько этапов: 1) комплектование представительного массива информационных документов; 2) индексирование документов массива; 3) составление словника ключевых слов; 4) анализ частоты употребления и значимости ключевых слов для выявления дескрипторов; 5) выявление и устранение синонимии и многозначности ключевых слов; 6) построение предметных классов, дескрипторных групп, установление родо-видовых отношений между терминами; 7) окончательное оформление дескрипторного словаря.

В процессе работы над темой выяснилось, что использование в качестве информационных документов рефератов из РЖ «Геология», аннотаций и резюме монографий, учебников и т. д. не дает возможность выявить все необходимые термины и их синонимы. Поэтому, по нашему мнению, составителем дескрипторных словарей необходимо самим реферировать основные крупные работы по разрабатываемому разделу.

Дескрипторный словарь разделен на две части: предметно-систематический указатель и лексико-семантический указатель.

С предметно-систематической точки зрения словарь состоит из девяти предметных классов: 1) геохимия изотопов; 2) абсолютная геохронология; 3) геохимия отдельных элементов; 4) геохимия природных процессов; 5) кристаллохимия; 6) термодинамика; 7) биогеохимия, 8) космохимия; 9) общие термины. Каждый предметный класс делится на подклассы, те, в свою очередь, на дескрипторные группы и т. д.

Лексико-семантический указатель, где в алфавитном порядке перечислены все дескрипторы и указаны синонимичные им слова, представляет собой основную часть дескрипторного словаря и обеспечивает главный вход в поисковые системы.

К дескрипторному словарю прилагается схема иерархических связей между терминами (дескрипторами).

О СЛОВАРЯХ ПО ГЕОХИМИИ

Геохимия — наука молодая, поэтому она еще не обзавелась словарями, хотя их необходимость и чувствуется.

Словари бывают двух типов — энциклопедические, в которых дается определение всех предметов и терминов данной науки, и языковые, в которых показываются лексические нормы, связи между словами и т. д. Первый тип словарей логически должен был бы предшествовать второму, но в жизни иногда бывает наоборот.

Центральная геохимическая экспедиция составляет сейчас два языковых словаря — это дескрипторные словари: «Геохимия» и «Месторождения редких элементов», хотя соответствующих энциклопедических словарей еще нет.

В основе любого дескрипторного словаря лежит список ключевых слов (дескрипторов). Этот список легко можно было бы составить по энциклопедическому словарю и тем трудам, которые почему-либо не могли быть учтены при составлении последнего, но в нашем случае такого словаря нет. Поэтому мы пользуемся методикой ВИЭМС-а, по которой сначала создается информационный массив (конкретно это — собрание рефератов книг и статей за последние годы), а затем по этому массиву составляется словник (список терминов или ключевых слов). Далее строится иерархическое дерево терминов и лексико-семантический указатель. Составление словника можно сильно облегчить. Для этого совсем не обязательно переписывать имеющиеся и составлять новые рефераты. Последние все равно не могут обеспечить достаточной полноты словника и далеко не всегда дают возможность выяснить родо-видовые отношения между терминами. Правда, рефераты дают возможность подсчитать частоту встречаемости тех или иных терминов, но без нее вполне можно обойтись при составлении дескрипторного словаря (вопрос о том, какой термин считать основным, а какой его второстепенным синонимом, должен решаться по логике определения, а не по частоте встречаемости, как думают некоторые).

Самое главное и вместе с тем самое трудное в составлении дескрипторного словаря это — отыскание субординации терминов, т. е. построение «дерева», создание иерархии слов. При составлении дескрипторного словаря по геохимии иерархия терминов строилась аксиоматическим методом, правда, недостаточно еще разработанным. По этому методу все слова данной науки выводились через ряд ступеней из исходных, первичных, основных слов. Таковыми являются категории, а среди них главными можно считать: 1) «материальный субстрат», т. е. тело, вещь, вещество, физическое поле, свойство тела и т. д., 2) «процесс», т. е. ход изменения тела, вещества и т. д. или цепь явлений, 3) «исследование», т. е. методы, идеи, приемы и пр.

Сейчас (февраль 1972 г.) работа по составлению двух, упомяну-

тых выше, дескрипторных словарей—в самом разгаре, и нет расчета изменять ее методику, но урок из этого извлечь можно. А он таков: необходимо приступить к составлению энциклопедического словаря по геохимии, в котором были бы собраны все термины и термины * этой науки с их определениями. Образцом для этого словаря можно было бы взять «Логический словарь» Н. И. Кондакова (1971). Тот или иной термин в этом словаре имеет, как правило, не одно единственное, а два или большее число конкурирующих друг с другом определений со ссылками на литературу. Наука развивается в спорах, и это надо отразить в словаре. При этом совсем не обязательно, чтобы словарь составлялся огромным коллективом. Логический словарь составлен одним автором и одним редактором, а объем этого словаря — почти в два раза больше, чем объем Геологического словаря, составленного 70 авторами и 69 редакторами. Если тот или иной ученый может составить курс геохимии, то он в состоянии создать и словарь этой науки. Что же касается возможных ошибок в словаре, то, как показывает практика, их число пропорционально числу авторов и редакторов. К геохимическому словарю необходимо приложить список устаревших, не рекомендуемых или запрещенных терминов.

* В данном случае терм — имя собственное или название фазы складчатости, свиты, массива и т. д. (таконская фаза, ерунаковская свита, Алданский массив и т. д.), а термин — классовое наименование предмета (минерал, редкий элемент, аэрофотосъемка и т. д.)

ОГЛАВЛЕНИЕ

От редакции 3

I ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ СКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПО ЭНДОГЕННЫМ (ПЕРВИЧНЫМ) ОРЕОЛАМ

С. В. Григорян, И. Н. Резников. О некоторых актуальных вопросах изучения и практического использования первичных ореолов	5
С. В. Григорян, В. В. Рябов. Особенности развития первичных ореолов медно-никелевого оруденения (Кольский полуостров)	8
О. П. Разгонов. Зональность распределения элементов-индикаторов в рудоносных интрузиях Норильского района и окружающих их геохимических ореолов и ее использование при поисках сульфидных медно-никелевых руд	9
В. В. Шелагуров, Л. Ф. Цимбал. Геолого-геохимические критерии поисков танталовых и бериллиевых месторождений, связанных с метасоматически измененными гранитами (Восточное Забайкалье)	13
И. И. Гетманский. Особенности геологического строения и оценка перспектив танталовосности одного из массивов метасоматически измененных гранитов Сибири	16
О. С. Клюев. Использование первичных геохимических ореолов при типизации рудных месторождений (на примере месторождений бериллия)	18
Г. Я. Абрамсон, С. В. Григорян. О полиформационных ореолах месторождения Тырнауз	20
Г. П. Павлов, Ю. М. Фоминов. Эндогенные геохимические ореолы контактово-метасоматических месторождений железа на Урале и их поисковое значение	21
В. В. Рябов. Первичные ореолы Южно-Лебяжинского скарново-магнетитового месторождения	24
Э. Н. Баранов, А. И. Голод, В. Н. Лазарев, И. А. Пурик, В. М. Рыфтин. Основные результаты разработки методики литохимических поисков скрытых колчеданных месторождений	25
В. М. Рыфтин. Зональность окolorудных ореолов Гайского месторождения и ее поисковое значение	28
Э. Н. Баранов, Д. С. Коляко. Эндогенные геохимические ореолы колчеданных месторождений Среднего Урала	30
В. М. Рыфтин. Связь эндогенных геохимических ореолов Гайского месторождения со структурно-литологическими факторами	33
Э. С. Кравченко, В. С. Лахнюк, Г. Ю. Гинзбург, Н. Ф. Еремин, М. Ф. Пальгуева, М. И. Сюзев, Ю. Д. Терехин, И. В. Трефилова, В. А. Шугинина. Определение эрозионного среза эндогенных ореолов рудных тел олово-сульфидной формации	35

Л. Н. Бельчанская, В. П. Максимова. Особенности эндогенных и экзогенных геохимических ореолов сульфидно-касситеритовых месторождений Якутии	37
Ю. И. Петров. Топогеохимия золоторудного месторождения Мурунтау в Средней Азии	38
В. А. Каменщиков, В. Г. Ростов, Г. С. Симкин. Геохимические критерии поисков скрытого ртутного оруденения на примере Центральной Тувы	41
Н. П. Варгунина. Эндогенные геохимические ореолы ртутного месторождения Гал-Хая в Якутии	42
Г. С. Симкин. О сопряженности эндогенных геохимических ореолов и метасоматически измененных пород Терлигхайского месторождения ртути	43
Г. Г. Гулиев. Некоторые особенности развития первичных ореолов ртутного месторождения Кавнок	45
А. Б. Дзайнуков, Р. Г. Оганесян. Об эффективности литогеохимических поисков (опыт работ Геохимической экспедиции УГ СМ Таджикской ССР)	46

II. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ ПО ЭКЗОГЕННЫМ ОРЕОЛАМ

Ю. Е. Сает, Э. К. Буренков, А. Д. Горшенин, Н. Я. Игумнов, Н. И. Несвижская. Геохимические критерии выявления, оценки и интерпретации экзогенных аномалий-признаков эндогенного борного оруденения	48
Э. Н. Баранов, В. С. Поливанов, А. И. Пурик. Методика и результаты геохимических поисков скрытого оруденения в Юго-Восточной Грузии	50
Ю. Е. Сает, Н. И. Несвижская, Н. Я. Игумнов, Ю. И. Булавский. Геохимические особенности экзогенных ореолов скрыто-погребенных медно-колчеданных месторождений Северных Мугоджар	53
В. Н. Лазарев. Экзогенные геохимические ореолы медноколчеданных месторождений Молодежного рудного района (Ю. Урал) и их поисковое значение	55
Э. Н. Баранов, А. С. Голдин, В. Н. Лазарев, В. С. Поливанов и Ю. Е. Сает. К вопросу о глубинности поверхностных геохимических поисков перекрытых месторождений	57
А. С. Голдин. О некоторых основных особенностях поисков рудных месторождений по их экзогенным геохимическим ореолам	60
В. И. Морозов. Интерпретация экзогенных геохимических аномалий с целью выявления и оценки скрытого оруденения	62
В. С. Поливанов. О влиянии местных ландшафтных условий на формирование геохимических аномалий в почвах на примере условий Маднеульско-Поладаурской рудной зоны в Грузии	64
Г. С. Макунина. Особенности геохимии зоны гипергенеза южнотаежных ландшафтов Среднего Урала и их использование при поисках медно-колчеданных месторождений	66
В. Г. Ростов, В. А. Каменщиков, И. А. Августинчик. Опыт поисков по экзогенным геохимическим ореолам скрытого ртутного оруденения в районе Западно-Палаянского месторождения на Чукотке	68
Т. А. Владимирова. Особенности сопряжения геохимических ореолов в почвах и коренных породах Терлигхайского месторождения ртути	69

III. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ РУДОНОСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

И. Н. Резников, Э. Г. Ишевская. Геохимические критерии, используемые при изучении геологического строения района в процессе геологической съемки	71
Э. К. Буренков, И. С. Шайнин, А. М. Зорин, Л. А. Лебедева, Л. М. Шубникова. Закономерности распределения микроэлементов	

тов в осадочных образованиях как критерий поисков осадочных месторождений	74
Э. К. Буренков. Основные закономерности распределения бора в осадочных образованиях миоплиоцена Закавказья	76
Л. Ф. Цимбал, В. В. Шелагуров. О фазовом расчленении Харалгинского интрузивного комплекса в Забайкалье по петрохимическим и геохимическим данным	78
Ю. Н. Спомиор, Р. А. Романова. Геохимические особенности интрузивных пород Восточного Забайкалья	80
И. И. Гетманский, Н. Н. Гречухин. О последовательности формирования магматогенных образований в Центрально-Янском районе Северо-Восточной Якутии	81
И. Н. Резников, С. А. Данильянц, Э. Г. Ишевская. Об интерпретации геохимических аномалий, выявляемых при крупномасштабных геолого-съемочных работах	84
А. И. Голод, И. Н. Резников, В. Д. Инин. О методике составления геохимической основы для прогнозно-металлогенической карты Рудного Алтая	85
Н. В. Тихонова, Л. Н. Алексинская. Гидрогеохимические критерии, используемые при выявлении рудоносных площадей, на примере бериллиевых и медно-никелевых месторождений	88
Э. Н. Баранов, И. А. Пурик, В. С. Поливанов. Комплексование азрогеологических и геохимических методов при изучении структур рудных районов на примере Юго-Восточной Грузии	90
А. М. Болотов, С. Б. Бравина. Минералого-геохимические особенности кор выветривания редкометалльных гранитов на примере районов Приазовья и Кокчетавской глыбы	92

IV. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, МЕТОДИКА СБОРА И ОБРАБОТКИ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ю. С. Морсов, Л. С. Соколов. Возможности применения ядерно-физических методов анализа при геохимических поисках	95
Ю. Е. Саэт, Н. И. Несвижская, Р. И. Ефимова. Геолого-геохимические предпосылки и методика изучения форм нахождения элементов в наложенных геохимических ореолах	98
Э. И. Тихомирова. О чувствительности экстракционно-фотометрических методов определения меди и цинка	100
В. С. Карпухина, Э. Н. Баранов. Формы нахождения элементов-индикаторов в эндогенных геохимических ореолах колчеданных месторождений	101
А. Д. Горшенин, А. А. Гусельников. Использование содержания бора в магнитных фракциях шлихов при поисках магнезиальных скарных месторождений бора	104
А. Д. Горшенин, В. Г. Ширман. Выделение монофракций минералов при минералого-геохимических исследованиях с помощью гравитационной градиентной трубки	105
А. П. Егоров. Использование корреляционных связей элементов-индикаторов для выбора наиболее информативных их комбинаций при расчете суммированных параметров геохимических аномалий	106
В. З. Туманян. О геохимическом смысле мультипликативного метода выявления ореолов	108
М. С. Васильева, Л. А. Тидеман. Методика создания дескрипторного словаря по геохимии	109
И. П. Шаранов. О словарях по геохимии	111

Т 06009
Цена 45 коп.

Подп. в печ. 17.3.72 г. Зак. 445.
Объем 7,25

Тир. 1400 экз.
Ф. 60×90¹/₁₆.

Типография ХОЗУ Миннефтепрома

209