
РАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС РАБОТ ПО ГЛУБИННОМУ ГЕОХИМИЧЕСКОМУ ПРОГНОЗИРОВАНИЮ

Н.Н. Трофимов, А.И. Рычков

Инженерный факультет,
Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115923

Рассмотрен комплекс работ по прогнозированию глубокозалегающего эндогенного оруденения по результатам литогеохимического опробования поверхности. Главное внимание уделено элементам-индикаторам, вопросам опробования, аналитике, методам обработки аналитических данных, способам оценки аномалий.

Проведенный анализ существующих методов усиления на поверхности слабых геохимических аномалий, характерных для скрытого, скрыто-погребенного и глубокозалегающего оруденения, показывает, что они развиваются главным образом по двум направлениям: 1) использование в качестве индикаторов новых, не применяемых в практике поисков химических элементов, характеризующихся высокой подвижностью в эндогенных условиях и большой протяженностью надрудных ореолов; 2) совершенствование аналитических методов и методов обработки результатов анализов. Иногда для этих целей используется метод анализа тяжелых фракций и метод частичного извлечения металлов (ЧИМ). Однако данные методы требуют специального трудоемкого опробования и малоприспособлены для широкого использования.

Основная особенность ореолов высокоподвижных элементов, установленная на эндогенных месторождениях практически всех рудных формаций, — преимущественное и широкое развитие в надрудных горизонтах. Удаление ореолов этих элементов вверх от руды намного превышает ореолы прямых элементов-индикаторов. На самых верхних эрозионных уровнях наблюдаются только ореолы высокоподвижных элементов. Максимальные размеры и параметры их ореолов отмечаются в надрудных сечениях.

Главное поисковое значение из этих элементов для литохимического метода имеет йод, ореолы которого установлены на всех изученных месторождениях независимо от их состава. Йод образует наиболее проникающие ореолы, мало зависящие от физико-химических свойств пород. Он возглавляет ряды зональности и проникает через литологические экраны, недоступные для других элементов. Даже лессовые отложения, являющиеся прочным экраном для рудообразующих элементов, не являются препятствием для ореолов йода. Йод находится в породах и рудах в свободной несвязанной форме в виде йодид-иона и продолжает легко мигрировать и после формирования месторождения, образуя наложенные ореолы в перекрывающих рудовмещающих породах отложениях. Ореолы йода фиксируют оруденение в скрыто-погребенном залегании под надвигами, моренами, ополз-

нями и другими аллохтонными и рыхлыми отложениями при их мощностью до 100 м и более. Ореолы йода всегда открытые, доступные для регистрации на поверхности. В настоящее время имеется целый ряд примеров обнаружения глубокозалегающих рудных месторождений по ореолам йода при отсутствии позитивной информации по ореолам рудных элементов и их спутников.

Для увеличения глубинности поиски эндогенных, особенно гидротермальных и вулканогенных, месторождений должны проводиться по комплексу элементов-индикаторов, объединяющему рудные элементы, их спутники и обязательно высокоподвижные элементы, имеющие на верхних эрозионных уровнях самостоятельное значение. Глубинность литохимических поисков с привлечением высокоподвижных элементов увеличивается до 500 м. Поиски можно проводить как по первичным, так и по вторичным литохимическим ореолам.

Изучение высокоподвижных элементов, таких как галогены (особенно йод), ртуть, бор, щелочные элементы, сурьма, мышьяк и др. помогает в выявлении ореолов скрытого и особенно скрыто-погребенного и глубокозалегающего оруденения, а для оценки ореолов необходима информация о концентрации рудных элементов и их спутников. Глубинность метода будет определяться протяженностью надрудных ореолов высокоподвижных элементов, главным образом йода.

Моноэлементные аномалии йода указывают на глубину залегания оруденения более 250—300 м.

Рекомендованный комплекс элементов-индикаторов эндогенных месторождений следующий (по убыванию индикационного значения для поисков скрытого оруденения):

- для жильных свинцово-цинковых — J, Hg, Sb, B, Pb, Zn, Cu, Ag, Mn, Co, Ni, Mo, Bi;
- колчеданных — J, Ag, Ba, As, Cu, Zn, Pb, Ag, Mo, Sn;
- оловорудных — J, Cl, B, P, Hg, Na, Li, K, Rb, Cs, F, Ag, Sn, W, Mo, Cu, Bi, Mn, Be;
- вольфрам-молибденовых — J, Ag, Mo, W, Sn, Be;
- золоторудных — J, As, Sb, Ag, Au, Mo, Co, Zn, Mn, Ba, Cu;
- меднопорфировых — J, Ag, Cu, Mo, W, Zn.

Как показали наши исследования, месторождения в рудных полях уверенно обнаруживаются при литогеохимическом опробовании поверхности в масштабе 1 : 50 000 — 1 : 25 000. Расстояние между профилями 250 м, шаг опробования — 50—20 м. Отдельные жильные рудные тела в пределах месторождения можно выявить при поисках в масштабе 1 : 10 000 по сети 100 × 20 м. При поисках в открытых районах, где степень обнаженности коренных пород достаточна, опробуются коренные породы. В полузакрытых и закрытых районах наилучший материал опробования — тонкий неокатанный элювио-делювий из закопушек. В нем отмечается наибольшая корреляционная связь элементов-индикаторов с коренными породами, ореолы малосмещенные, хорошо интерпретируемые. При мощном почвенном покрове, а также на площадях, закрытых аллохтонными отложениями,

оптимальный горизонт опробования — почвенный горизонт A_1 (гумус). Однако следует заметить, что в этом горизонте, как правило, не регистрируются ореолы ртути. В горно-луговых почвах на глинистых сланцах наиболее эффективен отбор проб из горизонта В, обычно залегающего на глубине 30—40 см.

Масса пробы — 150—200 г. При опробовании почв оптимальная фракция менее 1 мм. Истирание проб производится до величины 250—300 меш. Различная степень истирания сказывается на результатах анализов. Рядом авторов указывается на потерю йода и ртути при хранении истертых литохимических проб. Поэтому рекомендуется дробление проб производить до 1 мм, а истирание выполнять непосредственно перед производством анализов.

Все пробы анализируются спектральным анализом (или по возможности методом ИСП) приближенно-количественным методом на традиционный комплекс элементов-индикаторов; химическим анализом — на подвижный йод (бром) по кинетической методике А.Д. Миллера и др.; методом пламенной фотометрии — на щелочные элементы; рентгено-флуоресцентным методом — на сурьму и мышьяк; атомно-абсорбционным методом — на ртуть. Опыт показывает, что рациональнее сначала проанализировать пробы спектральным методом и на подвижный йод, а затем уже, при возникших вопросах или недостаточной информации, — на другие высокоподвижные элементы.

При обработке результатов анализов, помимо изучения распределения моноэлементных содержаний, необходимо построение распределений суммированных ореолов, объединяющих надрудные элементы, и индикаторных отношений, содержащих надрудные элементы и элементы рудных или нижнерудных уровней. Обычно все поисковые геохимические работы, направленные на выявление и оценку ореолов скрытого оруденения, предваряются небольшим объемом опережающих методических работ на эталонных объектах региона, в результате которых и выявляются конкретные «работающие» элементы-индикаторы, в том числе и высокоподвижные, информативные суммированные ореолы и индикаторные отношения и коэффициенты зональности для оценки эрозионного уровня найденных ореолов.

Основной вопрос в оценке любой аномалии — выяснение ее природы, т.е. того, вызвана ли эта аномалия рудным процессом и является ли она ореолом.

Большую роль в разбраковке геохимических аномалий играет изучение ореолов йода и ртути. Установлено, что йод, генетически связанный с оруденением, находится в ореоле главным образом в подвижной форме. Специальные исследования по определению количеств подвижных форм (водорастворимая фаза) йода и ртути в породах ореольных и фоновых участков были проведены на ряде свинцово-цинковых месторождений Северной Осетии. Результаты работ показали, что ореольные и фоновые участки резко различаются по количественному содержанию в них водорастворимых составляющих ртути и йода. Водно-солевая вытяжка извлекает из коренных пород на ореольном участке до 100% йода и 50—80% ртути, на фоновом — только 1—5% йода.

Если при проведении геохимических поисков в пробах определяется не валовое содержание йода, а лишь его подвижная составляющая в водно-солевых вытяжках, то наличие в комплексной аномалии высоких содержаний подвижного йода указывает на генетическую связь выявленной аномалии с рудным процессом. Дополнительным критерием оценки природы аномалии служит определение во вмещающих породах процентного количества водорастворимой составляющей ртути.

Изучение распределения температурных форм ртути на олово-вольфрамовом месторождении Светлое показало, что они с успехом могут быть использованы для выявления и разбраковки аномалий глубокозалегающего оруденения. Фторидная форма ртути (230—280°C) обнаруживает тесную генетическую и пространственную связь с рудными телами и может служить критерием определения рудной природы оцениваемых геохимических аномалий.

Как правило, геологическая позиция изучаемой площади практически однозначно указывает на ожидаемый тип искомого скрытого оруденения. Ассоциация элементов в ореоле и отношения параметров ореолов отдельных элементов уточняют вещественный состав оруденения, обусловившего выявленный надрудный ореол.

Определение уровня геохимической аномалии относительно предполагаемого оруденения — важная задача, особенно при поисках скрытого и глубокозалегающего оруденения. Для ее решения с успехом используется установленная вертикальная зональность в строении эндогенных и гипергенных литохимических ореолов.

Как было показано выше, ряды вертикальной зональности в строении эндогенных ореолов возглавляются высокоподвижными элементами, на первом месте стоит йод.

Надрудный характер выявленной аномалии определяется уже по элементному составу — присутствию и концентрациям элементов широкого рассеяния, отсутствию аномальных содержаний характерных подрудных элементов и незначительным содержаниям «сквозных» элементов. Глубину залегания скрытого оруденения позволяют определять коэффициенты зональности и составные геохимические коэффициенты. Наибольшую контрастность в изменении с глубиной, а следовательно, и наибольшую точность в определении расстояния до рудного тела имеют коэффициенты, в числителе которых находятся высокоподвижные элементы. На всех месторождениях резкий перегиб кривых зональности в сторону увеличения градиента значений наблюдается на верхней границе оруденения. Сводные данные по ряду месторождений приведены в таблице.

При глубоком залегании оруденения, когда на изученных сечениях наблюдаются только ореолы элементов широкого рассеяния и нельзя оценить глубину залегания по коэффициентам зональности, ее определяют по сопоставлению результатов анализов проб, взятых на разных глубинах, исходя из теоретического и фактического распределения высокоподвижных элементов в литохимических ореолах различных типов месторождений.

**Информативные коэффициенты зональности и их значения
для геохимических уровней месторождений различных рудных формаций**

Типы месторождений	Свинцовоцинковые, жильные		Цинковые	Медноколчеданные	Оловорудные			Золото-серебряные
Месторождения	Северо-Осетинские		Квайсинское	Кизил-Дере	Светлое			Карамкен
Коэффициенты	HgV/PbZnCu	HgSb/PbZnCu	AgZn/PbCuMo	I/Cu	ClF/WMoSn	RbCsLi/WMoSn	BFAs/WMoSn	AsAg/CuCoMo
Порядок содержаний	$n \cdot 10^{-7}$	$n \cdot 10^{-8}$	$n \cdot 10^{-6}$	$n \cdot 10^{-6}$	$n \cdot 10^{-3}$	$n \cdot 10^{-6}$	$n \cdot 10^{-3}$	$n \cdot 10^{-4}$
Надрудный уровень	>30	>100	>200	>10000	>4700	>7700	>3000	>1000
Верхнерудный уровень	10—20	1—10	10—100	150—1000	20—1000	20—1400	50—3600	500—1000
Среднерудный уровень	1—6	0,1—1,0	10	100	10	1	10	40
Нижнерудный уровень	<0,1	<0,1	—	10	—	—	—	2

Один из наиболее сложных вопросов оценки ореолов — оценка масштабов оруденения. Ничего нового в известные представления о возможных решениях этого вопроса изучение элементов широкого рассеяния не вносит, тем более что наиболее изученный и универсальный для поисков оруденения любого вещественного состава йод не обнаруживает корреляционной связи с рудными компонентами.

COMPLEX OF METHODS OF GEOCHEMICAL EXPLORATION OF DEEP DEPOSITS

N.N. Trofimov, A.I. Rychkov

Engineering faculty
Peoples' Friendship Russian University
Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115923

Complex of methods for the forecasting of deeply buried endogenetic mineralization as a result of lithochemical sampling of soils. The main attention is stressed for the elements of indication, sampling, methods of analysis and methods of evaluation.