

рируется подавляющее большинство элементов (красная окружность на рис. 2). Этот феномен может быть обусловлен «прессованием» в энергетическом канале по типу «плюма». Подобные структуры обнаружены и детально опоискованы на Колыме [1].

Иллюстрацией, характеризующей междууровневую связь ГП, служит пример структурно-геохимического районирования на площади Анюйской золотоносной зоны (в ранге рудного района), примыкающей на северо-востоке к тектоническому ядру Восточного мегаблока (рис. 3а). В синхронно-зональных геохимических полях золото/олово отражены размеры и пространственное положение Анюйской золотоносной зоны, в составе которой локализованы золоторудные узлы в виде островных конструкций (Au) и очаговые структуры (Sn) основания РМС; олово позиционируется как индикатор близости к материнским интрузивным телам (рис. 3б). Золотоносная зона разделена поперечной структурой на две части. На западном фланге золоторудные узлы в ГП отражены концентрически-зональными структурами с «оловянным» центром и «золотым» обрамлением с преобладающей «золотой» специализацией. На восточном фланге в условиях «оловянной» специализации золото размещено в виде кольцевых структур подчиненной размерности на периферии «магматического» центра.

Количественная оценка прогнозных ресурсов золота базируется на сравнении с эталоном, в качестве которого выступает Тенькинская золотоносная зона с известными месторождениями и прогнозными ресурсами в количестве $n \cdot 1000$ т золота. Размеры сравниваемых золотоносных зон сопоставимы, что дает основание оценить *нелокализованные* прогнозные ресурсы золота кат. P₃ Анюйской зоны в количестве $n \cdot 1000$ т.

Последовательное укрупнение масштаба геохимических поисков неизбежно приводит к локализации таксонов ГП, отражающих рудные зоны и рудные тела.

Выводы

Планетарное геохимическое поле рассматривается как самодостаточное явление, подобное физическим полям (магнитное, гравитационное, электромагнитное и т.п.) и имеет сферическую структуру, соответствующую структуре Земного Шара.

В основе ореолообразования лежит пространственная дифференциация под воздействием эндогенной энергии, деформирующая первичное ГП (синхронные структуры) и трансформирующая (концентрические структуры) первичное поле в процессе диссипации. Центры дифференциации и трансформации ГП *совпадают* с выступами фундамента и магматическими центрами РМС разных масштабов в *необратимом* процессе самоорганизации, порождая иерархическую систему (фрактальную структуру) и концентрическую зональность.

Самоорганизация таксонов геохимического поля исключает возможность образования какой-либо иной морфоструктурной конфигурации и типов геохимической зональности.

Последовательное картирование таксонов ореолообразующей системы обеспечивает надежную идентификацию искоемых объектов на всех стадиях ГРП и *неизбежно* приводит к открытию месторождений.

Изложенный фактический материал служит основанием для пересмотра традиционных основ применения геохимической информации в научных и прикладных целях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григоров, С.А. Структура геохимического поля рудообразующей системы / С.А. Григоров. — М.: ИМГРЭ, 2014. — 143 с.
2. Григоров, С.А. Структуры геохимических полей как инструмент локализации и ранжирования рудных объектов на стадии среднемасштабных поисков / С.А. Григоров // Разведка и охрана недр. — 2018. — № 9 — С. 18–22.
3. Пригожин, И. Время, хаос, квант / И. Пригожин, И. Стенгерс. — М.: Прогресс, 1994 — 272 с.

© Коллектив авторов, 2019

Григоров Сергей Александрович // grigorovrim@mail.ru
Кременецкий Александр Александрович // nauka@imgre.ru
Спиридонов Игорь Геннадьевич // imgre@imgre.ru
Пилицын Алексей Гаврилович // allexpil@yandex.ru

УДК 550.84:553.44

Миляев С.А., Кряжев С.Г., Виленкина Ю.В.
(ФГБУ «ЦНИГРИ»)

ПОИСКИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В СЛОЖНЫХ ЛАНДШАФТНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБСТАНОВКАХ ПО НАЛОЖЕННЫМ ОРЕОЛАМ РАССЕЯНИЯ

*Показаны возможности применения новой технологии литохимических поисков глубокозалегающих полиметаллических месторождений в различных ландшафтных и геологических обстановках. Приводятся конкретные примеры из практики поисковых работ. **Ключевые слова:** метод литохимических поисков, полиметаллические месторождения.*

Milyaev S.A., Kryazhev S.G., Vilenkina Yu.V. (TSNIGRI)
SEARCH OF POLYMETALLIC FIELDS IN DIFFICULT
LANDSCAPE AND GEOLOGICAL SITUATIONS ON THE
IMPOSED DISPERSION AURAS

*The possibilities of application of new technology of lithochemical prospecting for deep-seated polymetallic deposits in various landscape and geological settings are shown. Specific examples from the practice of search operations are given. **Keywords:** method of lithochemical prospecting, polymetallic deposits.*

Основной тенденцией в развитии поисковой геохимии является замена традиционного валового анализа литохимических проб анализом подвижных форм химических элементов и их соединений в почвах. Этим достигается решение основной задачи глубинной геохимии, которая заключается в выявлении и интерпретации очень слабых экзогенных геохимических сигнала-

лов, обусловленных современной восходящей миграцией рудных элементов и сопутствующих соединений от залегающих на глубине руд к дневной поверхности сквозь толщи коренных пород и рыхлых отложений. К измерениям предъявляются повышенные требования к точности и чувствительности анализа, которым в полной мере отвечают современные масс-спектрометры с индуктивно-связанной плазмой. Практический опыт, накопленный в данном направлении развития прикладной геохимии, свидетельствует о высокой эффективности метода подвижных форм при решении задач прогнозирования скрытых и погребенных месторождений благородных (золото, серебро, МПГ) и цветных (медь, свинец, цинк, никель, кобальт) металлов практически всех геолого-промышленных типов и практически во всех геологических и ландшафтных обстановках ведения поисковых работ [4]. Однако универсальной технологии подготовки проб к ICP MS анализу не существует.

Предложено множество методов селективной экстракции, эффективных при поисках глубокозалегающих рудных месторождений. Процедуры выщелачивания и последовательного извлечения подвижных форм металлов включают обработку пробы несколькими типами селективных реагентов. Составы используемых за рубежом реагентов и условия их применения в большинстве случаев не раскрываются, некоторые из них запатентованы. Многие зарубежные технологии геохимических поисков разработаны применительно к конкретным геолого-промышленным типам месторождений.

Эффективность неселективных методов обработки почвенных проб разбавленными неорганическими кислотами показана в ряде отечественных и зарубежных публикаций. Австралийскими геохимиками на скрытых золоторудных месторождениях отмечена близость суммарных содержаний элементов при селективной экстракции и содержаний при выщелачивании 4М раствором HCl [4]. Высокой степенью извлечения химических элементов из почвенного покрова обладает разбавленный раствор азотной кислоты.

В сильно разбавленных растворах азотной кислоты достигается состояние динамического равновесия: $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{NO}_3^-$. Кислотные свойства таких растворов определяются исключительно свойствами иона гидроксония (H_3O^+), обладающего высокими ионообменными свойствами и способного активно замещать катионы металлов. При воздействии азотной кислотой на почву 75–80 % поглощенных катионов десорбируются и переходят в раствор в течение нескольких минут. В течение суток HNO_3 вытесняет слабые кислоты из их солей: $\text{PbCO}_3 + 2\text{HNO}_3 = \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$; $\text{ZnCO}_3 + 2\text{HNO}_3 = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$, образуя хорошо растворимые соли (нитраты); активно взаимодействует с основными и амфотерными оксидами: $\text{PbO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{ZnO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$.

При литохимических поисках по наложенным ореолам рассеяния важным свойством почв является способность поглощать различные твердые, жидкие и

газообразные вещества или увеличивать их концентрацию на поверхности содержащихся в почве коллоидных частиц. Обменная поглотительная способность почв обусловлена наличием в ней почвенного поглощающего комплекса (ППК) — совокупности минеральных, органических и органоминеральных соединений высокой степени дисперсности, нерастворимых в воде и способных поглощать и обменивать поглощенные катионы. Причиной связывания водорастворимых компонентов тяжелых металлов является сорбция катионов почвенными коллоидами. Характерной особенностью почвенных коллоидов является наличие большой суммарной и удельной поверхности. Общее количество всех поглощенных (обменных) катионов зависит от содержания в почве коллоидной фракции, строения ее поверхностей, природы ППК, реакции среды. При увеличении степени дисперсности, входящих в состав поглощающего комплекса коллоидных частиц, его емкость возрастает. Для большинства основных типов почв РФ наибольшей емкостью катионного обмена характеризуется верхний почвенный горизонт [2]. Верхний почвенный горизонт (A_1), обладая повышенной емкостью катионного обмена, активно адсорбирует катионы, которые при взаимодействии почв с азотной кислотой замещаются на ион H_3O^+ , переходя в раствор, который может быть проанализирован.

В практике ICP-анализа применяются два способа разложения силикатных проб — сплавление с флюсом и кислотное разложение. Общим недостатком обоих способов, ограничивающих круг анализируемых элементов, являются неконтролируемые потери легколетучих элементов (S, As, Sb, Se, Hg, Tl и др.) при выпаривании и сплавлении [3]. Оптимальным условием, при котором могут быть получены достоверные результаты методом ICP на широкий круг химических элементов, включая легколетучие, является прямой анализ слабосвязанных форм нахождения элементов из природных почв, который и был применен при выявлении наложенных ореолов рассеяния над скрытыми полиметаллическими объектами.

Предлагаемый ионно-сорбционный метод поисков полиметаллических месторождений заключается в извлечении металлов из тонкой фракции почвенных проб горизонта A_1 слабым раствором азотной кислоты с последующим ICP MS анализом полученных вытяжек. Для выделения слабых аномалий и подавления природных и технических помех проводится мультипликация и сглаживание исходных данных [5]. Последовательное перемножение содержаний компонентов значительно усиливает контрастность аномалий и позволяет оценивать степень участия отдельного химического элемента в формировании комплексного ореола. Оценкой служит изменение величины коэффициента контрастности мультипликативной аномалии. Увеличение контрастности аномалии при добавлении нового элемента свидетельствует о его участии в образовании аномалии. Гипергенные преобразования приводят к увеличению сходства между аномалиями разных гене-

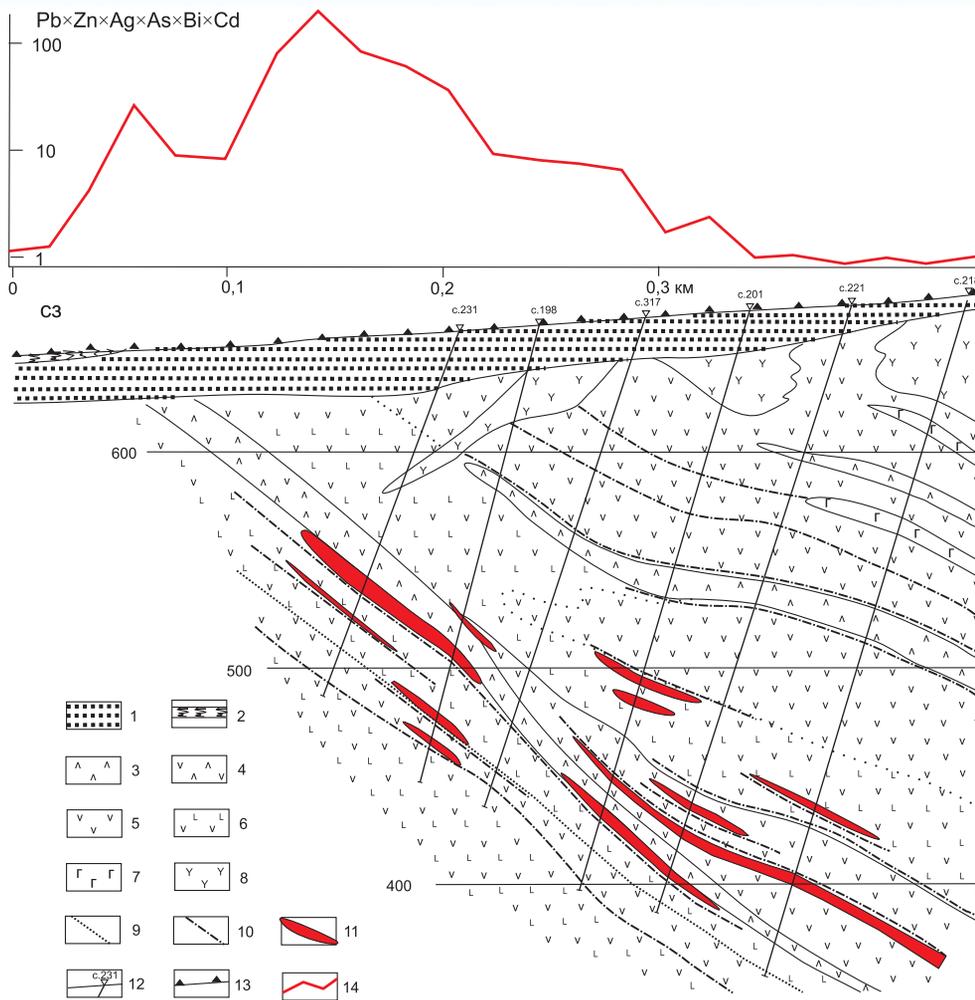


Рис. 1. Результаты ионно-сорбционной съемки по профилю 22 месторождения Нойон-Тологой (на всех рисунках концентрации химических элементов сглажены и нормированы на их локальный фон): 1 — делювиально-солифлюкционные отложения; 2 — болотные образования; 3 — лавы дацитов; 4 — лавы андезитов; 5 — лавы и лавобрекчии андезитов; 6 — лавы и лавобрекчии андезитобазальтов; 7 — габбро-долериты; 8 — сиениты; 9 — фациальные границы; 10 — межпластовые и внутрипластовые нарушения; 11 — рудные тела; 12 — разведочные скважины; 13 — пункты литохимического опробования; 14 — график безразмерного мультипликативного показателя

тических типов. В этих случаях наиболее эффективны методы геохимической оценки, учитывающие одновременное изменение относительных концентраций максимально большого числа элементов, т.е. многомерные статистические методы анализа [1].

Ниже приведены результаты опытно-методических и поисковых работ на скрытых полиметаллических объектах Южной Сибири.

Нойон-Тологойское месторождение в Восточном Забайкалье представляет собой новый весьма перспективный для региона тип свинцово-цинкового стратифицированного оруденения в вулканогенно-осадочных породах средне-позднеюрского возраста. По природно-климатическим условиям территория относится к среднегорным степным ландшафтам периферической части криолитозоны с ярко проявленными в пределах нижних частей относительно пологих склонов процессами солифлюкции.

На Западном участке месторождения Нойон-Тологой вдоль разведочных линий было пройдено несколь-

ко профилей литохимической съемки. Мощность делювиально-солифлюкционных отложений на участке колеблется от 5 до 30 м. Верхняя кромка рудных тел находится на глубине 100–120 м от поверхности.

Комплексные наложенные ореолы рассеяния характеризуются широким спектром элементов, отвечающим составу гипогенных руд. Максимальные значения мультипликативного показателя $Pb \times Zn \times Ag \times As \times Bi \times Cd$ на два порядка превышают их минимально-аномальные величины. Эффективная ширина комплексной аномалии 300–400 м (рис. 1). Помимо основных рудных элементов в аномальных концентрациях также присутствуют Sb, Cu, Tl, In, Sn, Hg, Mo.

Важно отметить, что процессы солифлюкции могут частично или полностью экранировать механические остаточные ореолы рассеяния, а также приводить к их смещению на расстояния, превышающие 150 м [5]. В отличие от механических ореолов рассеяния, наложенные ореолы фиксируют в своих центральных точках положение эпицентра руд-

ных зон, что имеет значение при задании первых горных выработок и скважин.

Рудопроявление Вершинное в Северо-Восточном Салаире залегает в толще нижнего кембрия, сложенной вулканогенно-осадочными образованиями. Зоны с прожилково-вкрапленной и рассеянной рудной минерализацией вмещают маломощные тела сплошных барит-колчеданно-полиметаллических руд. По вулканогенным образованиям развивается пестроцветная кора выветривания, представленная пластичными глинами мощностью 25–50 м. Кора выветривания перекрыта дальнепринесенными отложениями преимущественно глинистого состава мощностью 30–60 м, по которым развиваются серые лесные и подзолистые почвы. В условиях промывного водного режима эта группа сиалитных почв характеризуется пониженными содержаниями целого ряда химических элементов.

Анализ почвенных вытяжек позволил установить над проекцией рудных зон слабоконтрастные наложенные ореолы рассеяния Cu, Zn, Pb, Ag, As, Sb, Cd,

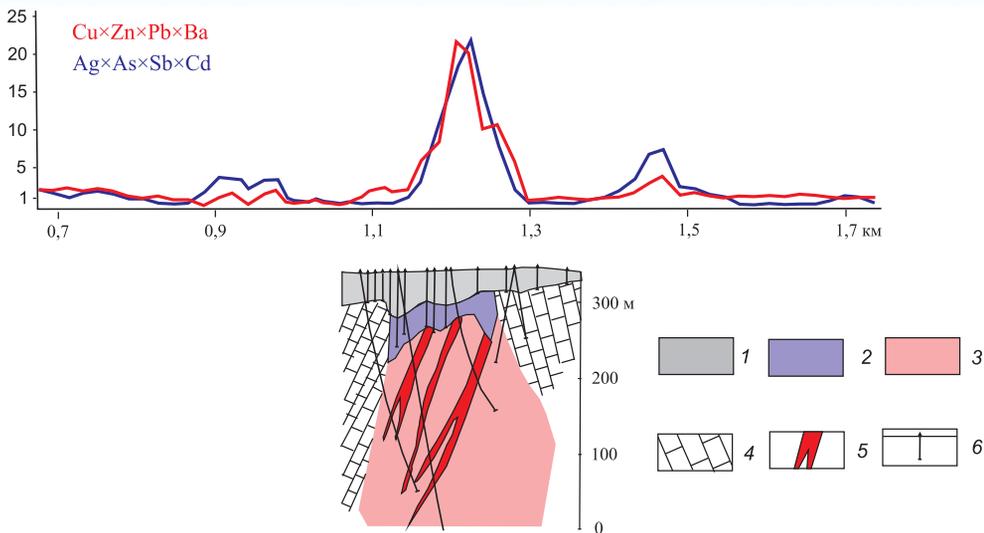


Рис. 2. Наложенные ореолы рассеяния над погребенным рудопоявлением Вершинное: 1 — глинисто-суглинистые дальнеприносные отложения; 2 — пестроцветная кора выветривания; 3 — вулканогенно-осадочные образования раннего кембрия; 4 — известняки раннего кембрия; 5 — рудные зоны с прожилково-вкрапленной колчеданно-полиметаллической минерализацией; 6 — картировочные и поисковые скважины

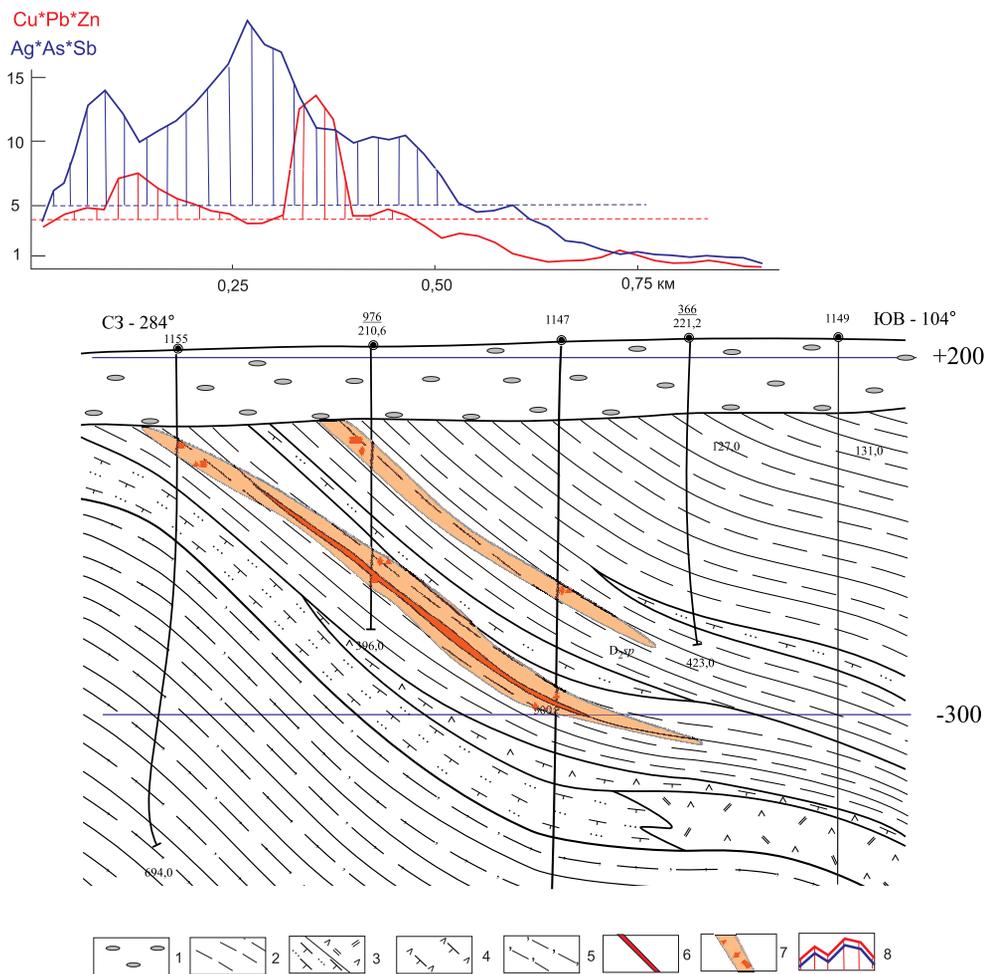


Рис. 3. Результаты ионно-сорбционной съемки по профилю I-I Южно-Бобковского проявления: 1 — неоген-четвертичные отложения; 2 — переслаивание алевролитов, аргиллитов; 3 — лавы и туфы кислого состава; 4 — лавобрекчии кислого состава; 5 — кремнистые алевролиты; 6 — рудные тела; 7 — минерализованные зоны с вкрапленностью пирита, галенита, сфалерита, халькопирита; 8 — области аномальных значений мультипликативных показателей

Ва. Усиление слабых аномалий достигалось сглаживанием и мультипликацией химических элементов. На рис. 2 представлены графики распределения комплексных показателей основных ($Cu \times Zn \times Pb \times Ba$) и сопутствующих ($Ag \times As \times Sb \times Cd$) химических элементов. Уровень максимальных концентраций комплексных показателей превышает фон в 25 раз. Ширина выявленных аномалий — 160–180 м.

Рубцовский район Рудного Алтая полностью перекрыт чехлом неоген-четвертичных отложений мощностью 70–150 м. В закрытых районах с различными ландшафтно-геохимическими условиями рекомендуется проведение глубоких литохимических поисков, основанных на выявлении погребенных вторичных остаточных ореолов. Однако широкое использование этого метода сдерживается значительной себестоимостью и трудоемкостью работ.

Опытные работы проводились на Южно-Бобковском и Западно-Захаровском проявлениях, представленных согласными пластообразными и линзовидными телами колчеданно-полиметаллических руд, приуроченных к толще раннего живета (алевролиты, аргиллиты, туффиты с прослоями лав риолитов и риодацитов).

Оба участка характеризуются выровненным рельефом со степным ландшафтом и хорошо развитым почвенным покровом, представленным черноземами. Над скрыто-погребенными рудными залежами Южно-Бобковского и Западно-Захаровского проявлений в почвах были выявлены наложенные ореолы Cu, Zn, Pb, Ba, Ag, As, Sb, Cd. Превышение максимальных значений

показателя $Cu \times Pb \times Zn$ над фоном составило 10–30, $Ag \times As \times Sb$ от 10 до 20. Эффективная ширина аномалий колеблется от 150 до 300 м. На рис. 3 приведен пример выявления наложенных ореолов рассеяния по профилю I-I Южно-Бобковского проявления при мощности перекрывающих неоген-четвертичных отложений 100–110 м.

При проведении поисковых работ в *Змеиногорском районе Рудного Алтая* метод способствовал выявлению и вскрытию новых промышленных рудных тел. В качестве примера приведены результаты геохимических работ на участке Петровский. Участок представлен степными и лесостепными ландшафтами предгорий и пологих склонов низкогорья с черноземными почвами.

Перспективная площадь была выделена на основании всестороннего анализа геологических материалов. Детальная опосредованность участка горными выработками легкого типа не позволяла рассчитывать на обнаружение рудных тел, выходящих на дневную поверхность. Поисковые работы были нацелены на выявление рудных тел на глубоких горизонтах продуктивной вулканогенно-осадочной толщи раннего живета.

Литохимической съемкой на площади была выявлена обширная и контрастная аномалия рудных элементов Pb, Zn, Cu. Протяженность комплексной аномалии $Pb \times Zn \times Cu$ более 2,5 км. Ее ширина меняется от 200 до 600 м. Помимо основных элементов в аномальных концентрациях присутствуют Cd, Ag, As, Sb.

На рис. 4 представлены графики распределения содержаний рудных и петрогенных элементов по профилю VIII Петровского участка. Распределение рудных элементов по профилю характеризуются двумя отчетливыми пиками. Первый приурочен к контакту пород раннего палеозоя — раннего живета; второй — к продуктивной толще раннего живета. В последнем случае максимальные содержания показателя $Pb \times Zn \times Cu$ более чем в 1000 раз превышают его минимально-аномальные значения. Ширина аномалии более 500 м.

Условия формирования колчеданно-полиметаллических месторождений в целом благоприятны для поисков «слепых» объектов также по их петрохимическим ореолам, отвечающим зонам метасоматических измененных пород. Колчеданно-полиметаллическое оруденение на Рудном Алтае сопровождается метасоматитами кварц-серицитовая формации. Главный мотив метасоматических преобразований заклю-

чается в последовательном разложении темноцветных минералов (с их хлоритизацией), а затем и полевых шпатов исходных пород с замещением их ассоциацией карбонат+кварц+серицит+пирит. Основные черты химизма метасоматических преобразований определяются постоянным выносом из пород Na и привнесом K, CO_2, S . Прочие из ведущих породообразующих компонентов (Mg, Fe, Ca, Si, Al) ведут себя вариативно в зависимости от состава исходных пород и РТ-особенностей минерализующих растворов. При этом для Fe и Mg чаще проявляется тенденция к выносу из центральных зон метасоматитов [6].

В этом случае показатель отношения K/Na будет образовывать положительную аномалию над выходом метасоматически измененных пород. На профиле VIII Петровского участка аномалия отношения K/Na отчетливо тяготеет к выходу на поверхность продуктивных интенсивно серицитизированных толщ раннего живета. Ширина аномалии 220 м. В северо-восточной части профиля аномалии K/Na также фиксируют выходы кислых вулканитов калиевого профиля.

Полезную информацию о наличии колчеданно-полиметаллического оруденения несут элементы

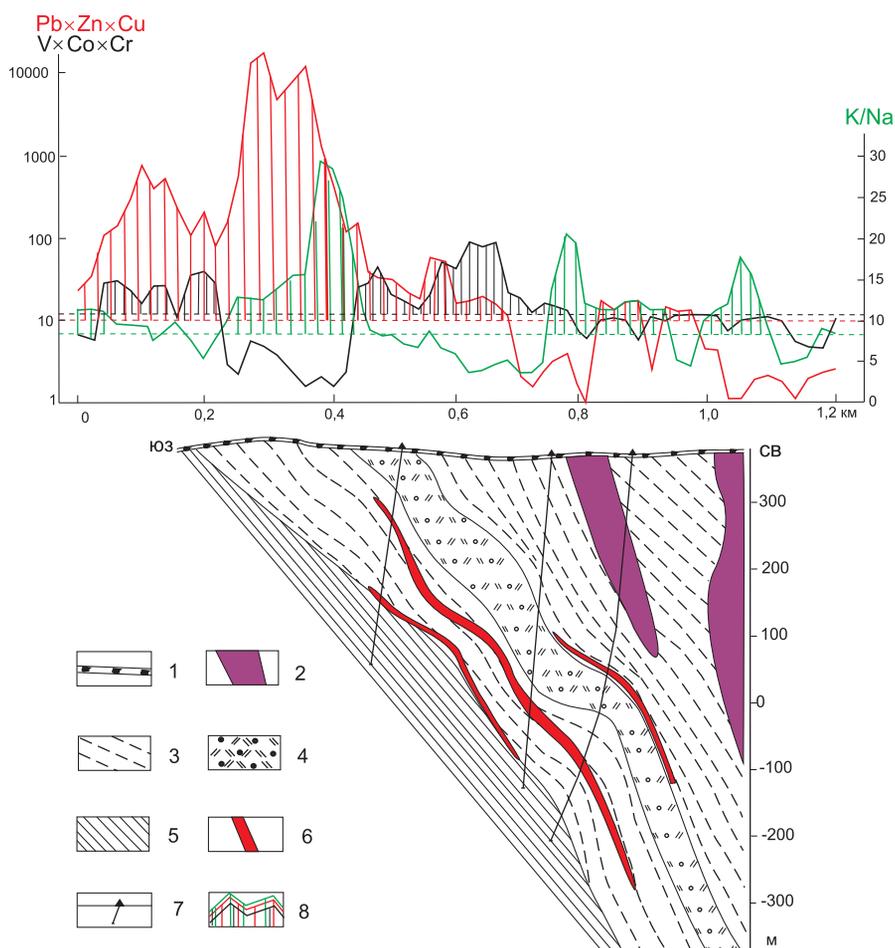


Рис. 4. Графики рудных, петрогенных и сидерофильных элементов по профилю VIII участка Петровский: 1 — элювио-делювий; 2 — риолиты; 3 — алевролиты; 4 — чередование туфитов кислого состава, кремнистых и туфогенных алевролитов; 5 — метаморфические сланцы раннего палеозоя; 6 — рудные тела; 7 — поисковые скважины; 8 — положительные аномалии комплексных показателей

семейства железа. По сравнению с рудными элементами аномалии элементов семейства железа менее контрастные, что обусловлено их относительно невысокими коэффициентами концентраций в рудах и окорудном пространстве. На основном рудоносном уровне месторождений доминирует их вынос и перетолжение на границах зон максимальных метасоматических изменений по латерали. На профиле VIII мультипликативный показатель $V \times Cr \times Co$ образует область пониженных по сравнению с фоном содержания элементов над выходом продуктивной толщи на поверхность. Ширина зоны выноса 200 м. Выщелоченные элементы частично переотлагаются в висячем и лежащем боках, образуя положительные аномалии (рис. 4).

При прогнозной оценке перспектив Петровского участка учитывался весь комплекс геохимических поисковых признаков, представленный ассоциацией рудных (Pb, Zn, Cu), верхнерудных элементов-индикаторов (Ag, As, Sb), петрогенных элементов (K, Na), определяющих химизм метасоматических преобразований и элементов семейства железа (Co, V, Cr), продуктов гипогенного выщелачивания — осаднения в прерудную стадию гидротермальной деятельности. Пробуренные с учетом геохимических данных поисковые скважины вскрыли три «слепых» рудных тела, расположенные на глубинах 80, 200 и 250 м от поверхности (рис. 4).

Сравнительный анализ поисковой эффективности ионно-сорбционного метода и традиционной литохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния рассмотрен на примере Восточно-Давыдовской площади Змеиногорского района Рудного Алтая. Специализированные геохимические исследования проводились с целью прослеживания зоны колчеданно-полиметаллической минерализации, а также сопоставления возможностей ионно-сорбционного метода и традиционной литохимической съемки. Большая часть площади (65 %) перекрыта пролювиально-делювиальными отложениями глинисто-суглинистого состава мощностью 5–40 м (рис. 5).

В результате проведенных работ ионно-сорбционным методом выявлено четыре комплексных аномалии Cu, Zn, Pb, Ag, As, Sb, Cd. Ширина выявленных аномалий 100–150 м. Самая протяженная ионно-сорбционная аномалия (>1200 м) показателя $Cu \times Zn \times Pb$ фиксируется в центральной ча-

сти площади и отвечает выделенной по геологическим данным зоне рудной колчеданно-полиметаллической минерализации. Она расположена под чехлом молодых осадков мощностью 5–10 м. Стандартной литохимической съемкой на открытой части площади (<2 м) в области развития современных элювиоделювиальных образований выявлены две аномалии, которые пространственно совпали с ионно-сорбционными аномалиями. По размерам и контрастности аномалии, выявленные традиционной литохимической съемкой, в два-три раза уступают тем же характеристикам ионно-сорбционных аномалий.

К числу преимуществ ионно-сорбционного метода при поисках полиметаллических месторождений следует отнести:

- прямой анализ слабосвязанных форм нахождения элементов в почвенных пробах методом ICP MS исключает неконтролируемые потери легколетучих элементов (As, Sb, Se, Hg, Tl и др.);

- размеры наложенных ореолов рассеяния в два-три раза превышают размеры ореолов, выявляемых традиционной литохимической съемкой, что позволяет проводить геохимические работы по более разреженной сети опробования;

- по признаку контрастности выявляемых аномалий поиски ионно-сорбционным методом более информативны по сравнению с традиционной литохимической съемкой;

- повышение надежности оценок выявленных наложенных ореолов рассеяния достигается за счет обширного спектра элементов-индикаторов, позволяющих по набору и соотношениям элементов проводить их предварительную разбраковку;

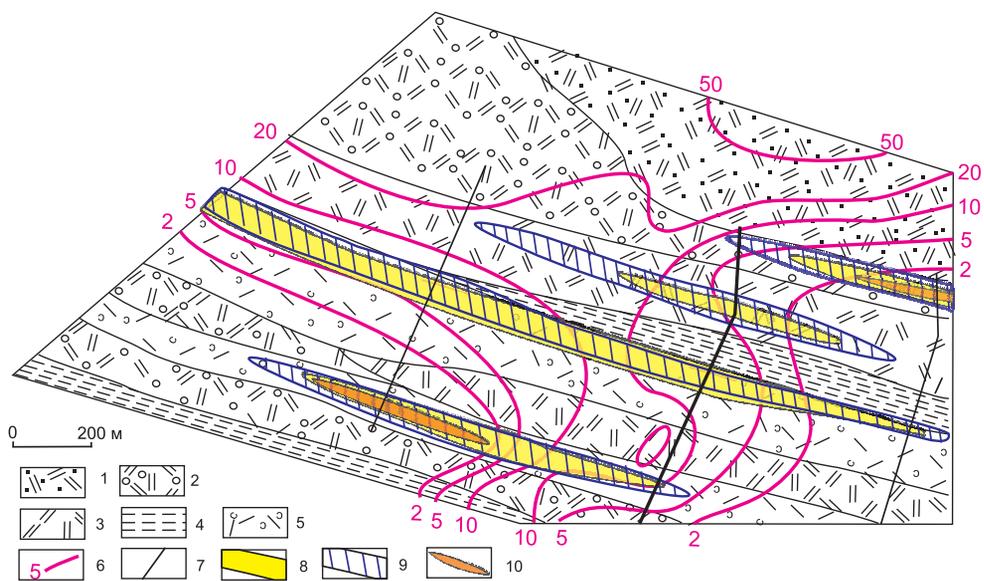


Рис. 5. Геологическая схема и вторичные ореолы рассеяния Восточно-Давыдовской площади: 1 — туфы риодацитового состава; 2 — туфы риодацитового состава грубообломочные; 3 — лавы риодацитов; 4 — алевролиты; 5 — чередование туфов кислого состава, туфопесчаников, туфоалвролитов; 6 — изомощности рыхлых отложений (в м) по данным картировочного бурения; 7 — профили литохимической съемки; 8–10 — аномалии мультипликативного показателя $Cu \times Zn \times Pb$: 8 — по данным ICP MS анализа фракции <0,25 мм, 9 — по данным ICP MS анализа фракции <0,1 мм, 10 — по данным эмиссионного спектрального анализа фракции <1 мм

— привлечение комплекса рудных и петрогенных элементов, отражающих проявление рудных и около-рудных метасоматических процессов, существенно повышает достоверность прогнозных оценок за счет суммирования «поисковых вкладов» указанных групп признаков;

— с поверхности рыхлого чехла выявляются наложенные ореолы рассеяния над полиметаллическими рудными телами, залегающими на глубине 200–250 м, а также перекрытые дальнепринесенными отложениями мощностью 100–110 м;

— экономические затраты при проведении традиционной (с эмиссионным спектральным анализом) и ионно-сорбционной (с ICP MS анализом) съемок сопоставимы за счет уменьшения количества отбираемых проб (без ущерба получения реальных геологических результатов), пробоотбора с минимальной глубины и стандартизированной технологии пробоподготовки;

— поисковые литохимические съемки ионно-сорбционным методом особенно результативны при повышенных мощностях рыхлых отложений, при которых рядовая литохимическая съемка часто оказывается малоэффективной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев, С.А. Информатика. Математическая обработка геолого-геохимических данных / С.А. Воробьев: Учеб. пособие. — Барнаул: Новый формат, 2016.
2. Горбунов, Н.И. Минералогия и физическая химия почв / Н.И. Горбунов. — М.: Наука, 1978.
3. Матвеев, А.А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых / А.А. Матвеев, А.П. Соловов: Учебник. — М.: КДУ, 2011.
4. Овсянникова, Т.М. Геохимические методы поисков скрытых месторождений / Т.М. Овсянникова // Разведка и охрана недр. — 2017. — № 8. — С. 13–19.
5. Соловов, А.П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых / А.П. Соловов: Учебник для вузов. — М.: Недра, 1985.
6. Чекваидзе, В.Б. Метасоматическая вертикальная зональность березитов на золоторудных месторождениях / В.Б. Чекваидзе // Руды и металлы. — 2017. — № 3. — С. 62–67.

© Миляев С.А., Кряжев С.Г., Виленкина Ю.В., 2019

Миляев Сергей Анатольевич // milyaev@tsnigri.ru
Кряжев Сергей Гаврилович // skryazhev@tsnigri.ru
Виленкина Юлия Владимировна // vilenkina@tsnigri.ru

УДК 553.04

Левченко Е.Н.¹, Быховский Л.З.², Спиридонов И.Г.¹,
Ключарев Д.С.¹ (1 — ФГБУ «ИМГРЭ», 2 — ФГБУ «ВИМС»)

ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ЗАПАСОВ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

Рассмотрены основные особенности учета запасов редких металлов, распространенных наряду с собственными месторождениями в рудах месторождений других полезных ископаемых в качестве попутных компонентов. Подчеркнута необходимость учета редких металлов не только в руде, но и концентратах, отходах обогащения

*и продуктах переработки. Дан обзор нетрадиционных и техногенных источников редкометалльного сырья, показана их роль в формировании МСБ редких металлов России. Приведены основные характеристики источников редких металлов, показаны результаты экспериментальных исследований по извлечению редких металлов, оценены перспективы и возможности освоения. **Ключевые слова:** редкие металлы, геолого-промышленные типы, нетрадиционные источники, техногенное сырье, технологии переработки.*

Levchenko E.N.¹, Bykhovskiy L.Z.², Spiridonov I.G.¹, Klyucharev D.S.¹ (1 — IMGRE, 2 — VIMS)

FEATURES OF ACCOUNTING RARE METAL RESERVES

*The main features of accounting for the reserves of rare metals distributed, along with their own deposits, in the ores of other mineral deposits as associated components are considered. The necessity of taking into account rare metals not only in ore, but also concentrates, enrichment waste and processed products is emphasized. An overview of non-traditional and man-made sources of rare-metal raw materials, their role in the formation of SMEs of rare metals of Russia. The main characteristics of the sources of rare metals are given, the results of experimental studies on the extraction of rare metals are shown, the prospects and possibilities of development are estimated. **Keyword:** rare metals, geological and industrial types, unconventional sources, technogenic raw materials, processing technologies.*

Система учета минерально-сырьевых ресурсов России, в том числе редких металлов, включает Государственный баланс запасов полезных ископаемых РФ (ГБЗ), кадастр прогнозных ресурсов и государственный кадастр месторождений и рудопроявлений.

ГБЗ ведется с целью учета состояния МСБ и содержит сведения об объемах, качестве и степени изученности запасов каждого вида полезных ископаемых по месторождениям, имеющим промышленное значение, об их размещении, степени промышленного освоения, добыче, потерях руды и полезных компонентов на основе Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (ТПИ) [4]. Обеспечение постановки запасов полезных ископаемых на баланс и их списание с государственного баланса осуществляют Роснедра и его территориальные органы в соответствии с порядком, утвержденным Минприроды России.

Роснедра определяют формы государственной отчетности и перечень видов полезных ископаемых и полезных компонентов, сведения о состоянии и изменении запасов которых представляются в виде государственной отчетности и используются в ГБЗ.

Система ведения ГБЗ, определенная действующими нормативными правовыми актами, предусматривает соблюдение ряда важнейших требований и условий учета запасов полезных ископаемых, которые учитываются в ГБЗ по месторождениям полезных ископаемых, по рудным районам, по территориям субъектов