

случае из 600 тыс. т добытой руды: 150 т/год U; 1000 т/год  $\Sigma$ TR; 60 тыс. т  $P_2O_5$ . Однако наиболее экономически выгодной и экологически безопасной представляется добыча руд большинства ергенинских объектов методом СГД. Согласно предварительным расчетам в этом случае срок окупаемости капитальных вложений в организацию предприятия производительностью 500 тыс. т руды/год (100 тыс. т  $P_2O_5$ ) и перерабатывающего гидрометаллургического завода составит 4–5 лет [1]. Потребителями азотно-фосфорных удобрений могут стать сельхозпредприятия не только Республики Калмыкия, но и сопредельных субъектов РФ, входящих в Южный и Северо-Кавказский федеральные округа: Ростовская, Волгоградская, Астраханская области, Ставропольский край, Республика Дагестан и др.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бембеев, В.Э. Нетрадиционный тип фосфатного сырья на территории Республики Калмыкия / В.Э. Бембеев, Б.С. Хулхачиев, В.В. Красных, В.В. Шелховской, А.С. Столяров, С.И. Ануфриева, Н.В. Петрова, В.М. Гонюх, В.Г. Чайкин // Разведка и охрана недр. — 2003. — № 1. — С. 29–32.
2. Коченов, А.В. Проблема генезиса марганцевых и уран-редкометаллических руд майкопской формации / А.В. Коченов, А.С. Столяров // Литология и полезные ископаемые. — 1996. — № 2. — С. 182–195.
3. Минерагеническая карта СССР. Фосфатное сырье. Масштаб 1:2 500 000. Объяснительная записка / Под ред. А.С. Михайлова. — Л., 1985.

4. Попов, С.В. История Восточного Паратетиса в позднем эоцене — раннем миоцене / С.В. Попов и др. // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 1993. — Т. 1. — № 6. — С. 10–39.
5. Семенов, Г.И. Вопросы стратиграфии майкопских отложений Волго-Донского региона / Г.И. Семенов, А.С. Столяров // Бюл. МОИП. Отд. геол. — 1988. — Т. 63. — Вып. 2. — С. 70–83.
6. Столяров, А.С. Металлоносные залежи костного детрита рыб в майкопских отложениях Ергенинского района / А.С. Столяров, Е.И. Ивлева // Литология и полезные ископаемые. — 1991. — № 6. — С. 70–84.
7. Столяров, А.С. О необычной разновидности полезных ископаемых металлоносных залежей костного детрита рыб в майкопских отложениях / А.С. Столяров, Е.И. Ивлева // Литология и полезные ископаемые. — 1989. — № 1. — С. 52–65.
8. Столяров, А.С. Металлоносность ископаемых залежей костного детрита рыб в майкопских отложениях / А.С. Столяров, Е.И. Ивлева, В.М. Рехарская // Литология и полезные ископаемые. — 1991. — № 1. — С. 6–12.
9. Столяров, А.С. Палеогеография Предкавказья, Волго-Дона и Южного Мангышлака в позднем эоцене и раннем олигоцене / А.С. Столяров // Бюл. МОИП. — 1991. — Т. 66. — Вып. 4.
10. Тюленева, В.М. Особенности комплексных органо-фосфатных руд в Ергенинском районе Калмыкии / В.М. Тюленева, И.Г. Быстров, С.Д. Расулова, Б.Ю. Каминов // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 7. — С. 6–12.
11. Шарков, А.А. Особенности строения и условий формирования органогенно-фосфатных месторождений урана и редких земель Южного Мангышлака / А.А. Шарков // Литология и полезные ископаемые. — 2000. — № 3. — С. 290–307.

© Карпова М.И., Николаева М.В., 2018

Карпова Маргарита Ивановна // root@geolnerud.net  
Николаева Марина Владиславовна // root@geolnerud.net

## ГЕОФИЗИКА

УДК 550.849

Ворошилов Н.А., Алексеев С.Г., Штокаленко М.Б.  
(ФГУНП «Геологоразведка»)

### ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассмотрены геоэлектрохимические методы поисков рудных месторождений. Методы позволяют выделять наложенные ореолы рассеяния рудных элементов в различных ландшафтных условиях. Наиболее эффективно эти методы могут использоваться при поисках глубокозалегающих месторождений на закрытых территориях в комплексе с геофизическими исследованиями. **Ключевые слова:** геоэлектрохимические методы, наложенные ореолы, закрытые территории, глубокозалегающие месторождения.

Voroshilov N.A., Alekseev S.G., Shtokalenko M.B. (Geologorazvedka)

EXPERIENCE OF THE USE OF GEOELECTRIC CHEMICAL METHODS FOR SEARCHING ORE DEPOSITS

*Geochemical methods of prospecting for ore deposits considered. The methods are applied to detect superimposed dispersion haloes of ore elements in different landscape condi-*

*tions. The methods can be used most effectively in prospecting for deep-seated deposits in covered areas in integration with the geophysical investigations. **Keywords:** goelectrochemical methods, superimposed haloes, covered territory, deep-seated deposits.*

В последнее десятилетие заметно возрождается интерес к проблеме поисков месторождений полезных ископаемых на закрытых территориях и к повышению геологической эффективности геохимических методов. Доказательством тому может служить проведение ряда научно-практических конференций по прикладной геохимии [9]. На последней конференции серьезный интерес вызвали методы поисков, основанные на изучении узких групп форм нахождения химических элементов в отобранных пробах, что отличает их от традиционных литохимических методов исследования валового химического состава горных пород и почв. Методы нацелены на регистрацию подвижных форм нахождения, в которых химические элементы-индикаторы выделяются из глубинного объекта, мигрируют на значительные расстояния и накапливаются вблизи дневной поверхности.

Такая миграция может происходить в форме простых и комплексных ионов. Вблизи дневной поверхности элементы продолжают существовать в подвижных формах нахождения или переходят во вторично

закрепленное состояние, сорбируясь на органических комплексах, железисто-марганцевых гидроксидов или глинистых частицах почв, образуя наложенные ореолы рассеяния. Каждый из методов направлен на селективный анализ определенных форм нахождения химических элементов. Именно селективный анализ позволяет обеспечить глубинность исследований.

К числу таких методов, разработанных и внедренных в практику геологических исследований, можно отнести следующие разработки ФГУНПП «Геолого-разведка»:

— метод поисков по металлоорганическим почвенным формам (МПФ), основан на исследовании закономерностей распределения химических элементов, связанных с гумусом почв [3];

— терромагнитный геохимический метод поисков (ТМГМ), основан на исследованиях химических элементов, связанных с гидроокислами железа и марганца в почвах [6];

— метод диффузионного извлечения металлов (МДИ, полевой и лабораторный варианты), основан на извлечении из горных пород и почв химических элементов под действием диффузионных процессов [10].

Последний из перечисленных методов, в какой-то мере заменяет метод частичного извлечения металлов (ЧИМ), практическая реализация которого в России прекращена из-за отсутствия современной полевой аппаратуры по извлечению металлов из почв под действием электрического тока.

Опыт применения геоэлектрохимических методов (такое название они получили исторически и оно закреплено в 3-м издании Геологического словаря [7]) при поисках рудных месторождений по наложенным ореолам рассеяния показан в табл. 1 и 2, каждая строка которых представляет объект производственных или опытно-методических полевых работ [1, 2, 4]. Общей особенностью изученных

объектов являются условия, неблагоприятные для проведения традиционных литохимических поисков, а именно, значительная глубина залегания рудных тел и наличие перекрывающих аллохтонных отложений мощностью десятки и сотни метров.

Пробы почвы для выделения и анализа подвижных и вторично-закрепленных форм нахождения химических элементов отбирались из наиболее представительного для каждого метода почвенного горизонта с шагом 20–50 м, ширина аномальных зон достигала 200 м и более. Расстояние между съемочными профилями — от 50 до 500 м. Исключение составляют работы на хромиты в условиях Полярного Урала, где положи-

**Таблица 1**  
**Опыт применения геоэлектрохимических методов при поисках рудных месторождений**

Месторождение	Район	Глубина, м	Мощность аллохтона, м	Элементы-индикаторы
Полиметаллические				
Иртышское, Красноярское, Орловское	Рудный Алтай	100–150	до 100	Pb, Cu, Zn, Fe
Захаровское	Рудный Алтай	80–300	80–300	Pb, Zn, Cu, Ag
Рубцовское	Рудный Алтай	80–300	80–300	Pb, Zn, Cu, Mo, Ag
Корбалихинское	Рудный Алтай	100–500	5–10	Pb, Zn, As, Cu, Sb
Юбилейное	Рудный Алтай	350	до 100	Pb, Zn, Cu, As, Ag
Карри Баум	Канада	до 50	до 50	Pb, Zn, Cu, Ag
Элюра (цинковое)	Австралия, Южный Уэльс	500	50	Zn, Cd, Pb, Cu, Ag, As
Мак-Артур-Ривер (колчеданное)	Австралия	100–1000	30–40	Sb, Pb, Zn, Cu, Ag, As, Bi, Cd, Ni, Co, La, Ce
Медно-никелевые				
Печенга, участок Мирона	Кольский п-ов	>40	до 40 и более	Ni, Cu, Co, Pb, Zn
Норильское	Норильский	>500	5–10	Ni, Cu, Pb, Zn, Co, Ag
Монкальм	Север Канады	>100	30–50	Ni, Cu, Pb, Zn
Нижний Мамон	Воронежский массив	до 140	до 50	Ni, Cu, Co
Медно-колчеданное с золотом				
Осборн	Север Австралии	30–40	30–40	Pb, Zn, Ag, Cu, Ni, Co, Y, Yb
Оловорудные				
Солнечное, Перевальное, Фестивальное	Хабаровский край, Комсомольский район	300	до 20	Sn, Pb, Zn, Cu, As, Ag
Арсеньевское, Верхнее	Приморье	400	до 10	Sn, Pb, Zn, Cu, As, Ag, Bi, Sb
Кительское	Северное Приладожье	20	15–20	Sn, Pb, Zn, Cu
Вольфрамовое				
Лермонтовское	Приморье	100	до 10	W, As, Cu, Ag, Ni, Co, Bi
Золоторудные				
Куранахское, Лебединское	Якутия	до 50	до 50	Au
Дукат	Магаданская область	до 200	5–10	Ag, As, Pb, Zn, Cu
Харкер-Холуэй	Канада	300–900	>20	Au, Cu, Pb, Zn
Педролампи	Карелия	50	2–20	Au, Cu, Pb, Ag, Zn, Mo, Sn

Таблица 2

Опыт применения геоэлектрохимических методов при поисках медистых песчаников, хромитов, россыпных месторождений и алмазов

Месторождение	Район	Глубина, м	Мощность аллохтона, м	Элементы-индикаторы
Медистые песчаники				
Джесказган	Центральный Казахстан	до 100	20 - 50	Cu, Pb, Zn, Ag
Хромитовое				
Войкаро-Сынынский массив	Полярный Урал	до 10	до 10	±Cr, — Ti, V, Cu, Mn, Pb, Zn
Россыпные				
Красноярская группа	Красноярский край	30–50	30–50	Au, Ag, As, Pb, Zn, Cu, Bi
Иркутская группа	Забайкалье	>35	>35	Au, Ag, As
Алмазы				
Амакинская	Якутия	до 3	1,5–3	Ni, Co, Cu, Zn, Cr, Mn
Подтрапповая и Заря	Якутия	до 100	2–3	Mg, Ba, Sr, Ni, Co, Sn, Ta, La
Пионерская	Архангельская область	около 100	около 100	Mg, Sr, Zr, Nb

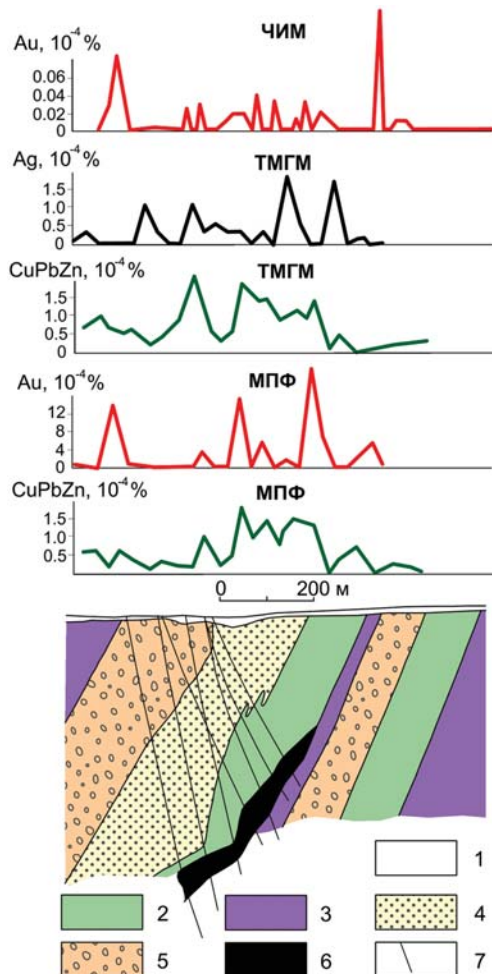


Рис. 1. Результаты геоэлектрохимических наблюдений на золоторудном месторождении в Канаде: 1 — четвертичные отложения; 2 — базальты; 3 — ультраосновные породы; 4 — песчаники; 5 — конгломераты; 6 — золоторудная зона; 7 — буровые скважины

тельные аномалии иногда характеризуются шириной в первые метры, шаг опробования сгущался до 5 м, а мощность рыхлых отложений не превышала нескольких метров [5].

Лабораторный анализ получаемых концентратов выполнялся спектральным анализом с возбуждением элементов в индуктивно связанной плазме (ICP ES, ICP MS3, атомно абсорбционной спектрометрией (AAS)) для порошковых концентратов ТМГМ — рентгеноспектральным методом.

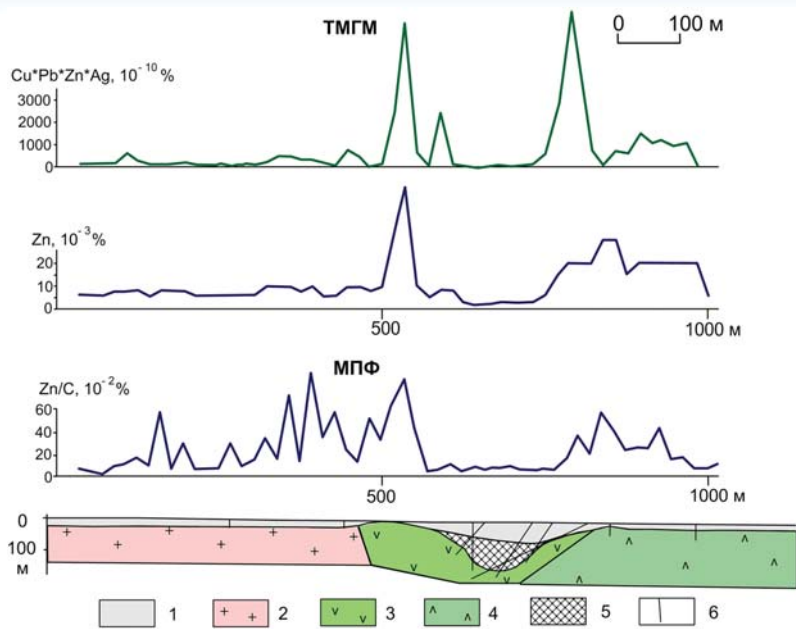
Наиболее контрастные аномалии подвижных и вторично-закрепленных форм элементов фиксировались

над верхними концами скрытых рудных тел (рис. 1). Погруженным частям рудных тел соответствовали менее контрастные аномалии других элементов. Таким образом, в результате геоэлектрохимических съемок установлена зональность наложенных ореолов рассеяния и возможность качественной оценки условий залегания рудных тел. В табл. 1 и 2 приведены наиболее информативные элементы-индикаторы, наложенные ореолы которых выявлены в почве методами МПФ, ТМГМ, МДИ и ЧИМ.

Различия объектов, кроме состава руд, вмещающих пород и ореолов, заключаются в условиях залегания рудных тел, среди объектов имеются как крутопадающие, так и пологозалегающие тела. Для последних наложенные ореолы приурочены к проекции контура рудной залежи на дневную поверхность. Примерами крутопадающих залежей могут служить медно-никелевые месторождения Канады. Поиски рудных тел на севере Канады особенно затруднены из-за сильной заболоченности местности на участках, перекрытых мореной (рис. 1, 2).

Золоторудная залежь на рис. 2 протягивается на глубину более 600 м по данным буровых скважин и, возможно, недоразведана. Участок выхода на дневную поверхность рудовмещающих пород и рудоконтролирующей структуры отмечается наложенными ореолами как самого золота, так и сопутствующих ему серебра, свинца, цинка и меди.

Примером пологозалегающих объектов является полиметаллическое месторождение в Канаде (рис. 3). Для рудных тел пологого залегания форма аномалий и наложенных ореолов в значительной степени контролируются тектоникой на участке месторождения. Над пологозалегающими рудными залежами изометрической формы наложенные ореолы рассеяния элементов-спутников нередко приобретают



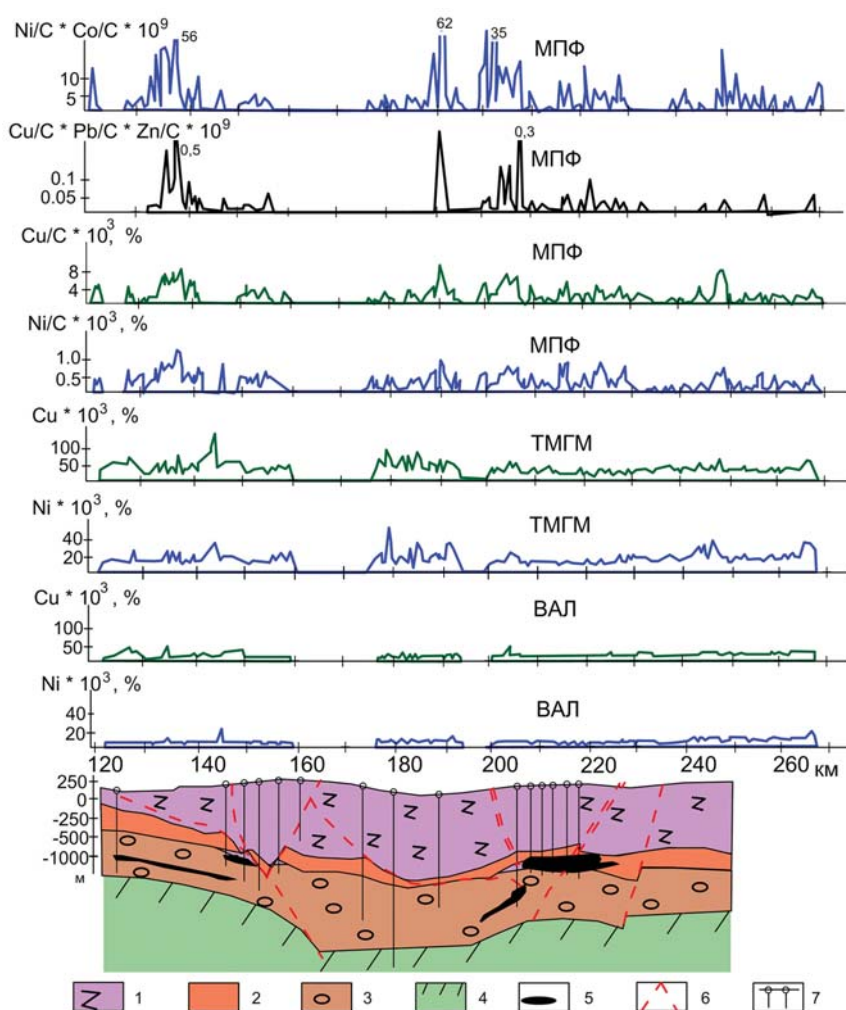
**Рис. 2.** Результаты геоэлектрохимических наблюдений на полиметаллическом месторождении в Канаде: 1 — рыхлые отложения; 2 — граниты; 3 — базальты; 4 — туфы; 5 — рудная залежь; 6 — буровые скважины

кольцеобразную форму, при этом положение кольца пространственно увязывается с проекцией контура рудной залежи на дневную поверхность. Примером такого ореола могут служить результаты геоэлектрохимических наблюдений на крупном полиметаллическом месторождении Канады, где пологозалегающая залежь перекрыта моренными глинистыми отложениями мощностью до 50 м. По данным МПФ и ТМГМ здесь наблюдаются контрастные кольцевые аномалии по многим элементам. Как можно видеть по приведенному разрезу, эти аномалии увязываются с краями залежи (аномалии типа «заячьи уши»).

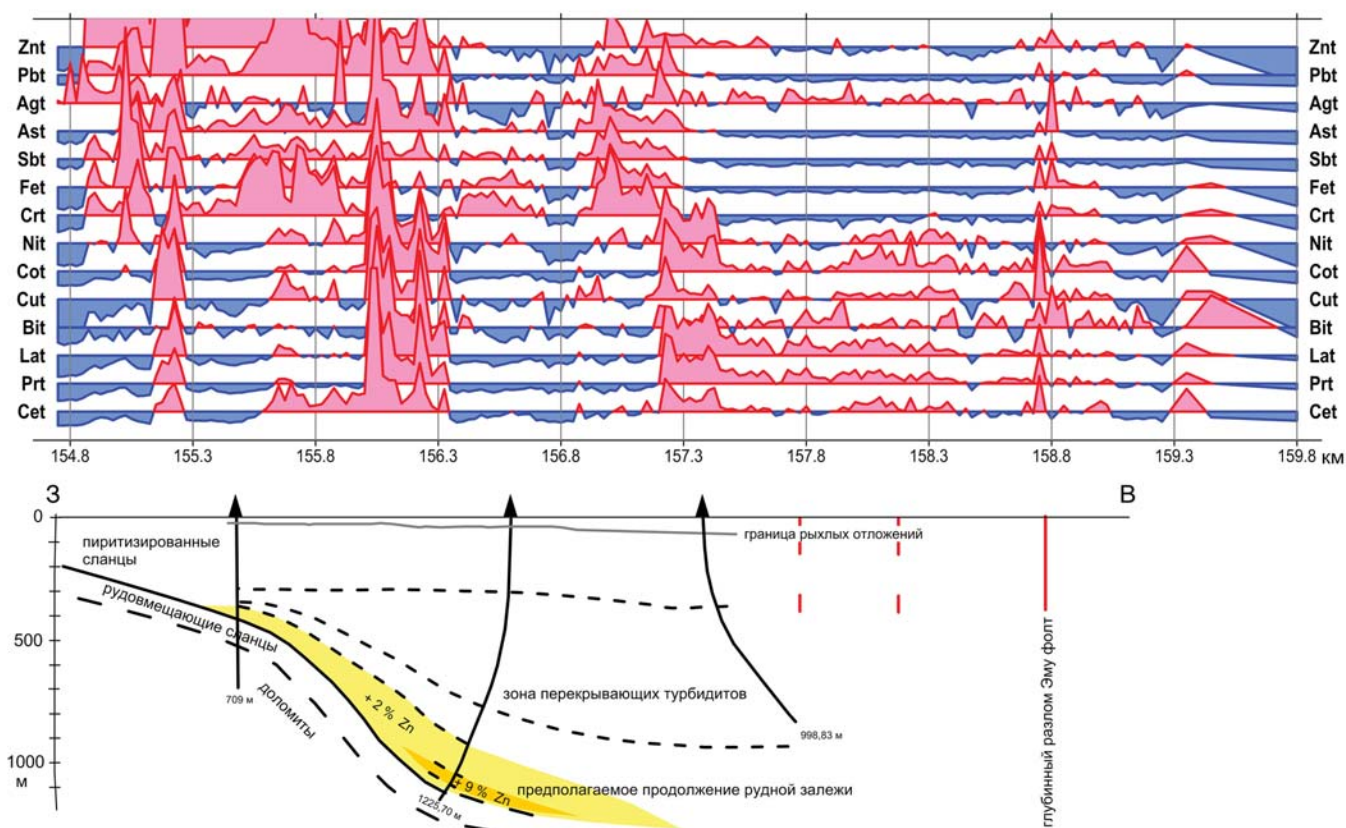
По-другому выглядят геоэлектрохимические аномалии, наблюдаемые на одном из крупнейших колчеданно-полиметаллических месторождений в Австралии, расположенном в рудном районе Мак-Артур-Ривер (северные территории). Мощный продуктивный горизонт, залегающий на глубине более 1000 м в центральной части разреза, воздымается на западе до глубины 100–150 м от дневной поверхности. Его продолжение в восточном направлении еще не изучено (нет буровых скважин).

На рис. 4 приведены некоторые результаты ТМГМ съемки по профилю через месторождение с определением в терромагнитных фракциях проб широ-

кого круга элементов. В наложенных ореолах рассеяния, выявленных на поверхности над продуктивной залежью, обнаруживается зональность распределения элементов-спутников. На западе профиля, на участке приближения рудовмещающей толщи к поверхности в ореолах преобладают высокие концентрации Zn, Pb, Ag и As, концентрации же других элементов, таких как Ni, Co и Cu значительно ниже, а элементы редкоземельной группы и редкие металлы образуют лишь очень локальные аномалии. По мере погружения продуктивной толщи (в восточном направлении) роль элементов первой группы заметно снижается, аномалии элементов двух других упомянутых выше групп элементов увеличиваются по ширине и интенсивности. Следующая группа аномалий относится к участку (пикеты 156.9–157.5), в пределах которого положение залежи на глубине не изучено. Для этого участка характерен полный набор рассмотренных элементов. Аномалии разных



**Рис. 3.** Результаты МПФ и ТМГМ на медно-никелевом месторождении Норильского района: 1 — триас нерасчлененный; 2 — пермь; 3 — девон нерасчлененный; 4 — силур; 5 — рудные тела; 6 — тектонические нарушения; 7 — пробуренные скважины



**Рис. 4. Результаты геоэлектрохимических наблюдений методом ТМГМ на крупном полиметаллическом месторождении Австралии**

элементов имеют примерно одинаковую интенсивность, для некоторых элементов они смещены пространственно. В целом этот участок профиля во многом сходен по аномальности с участком над глубокозалегающей рудой и представляется перспективным. Заслуживает интерес тип геоэлектрохимической аномалии, связанной с крупным рудоконтролирующим разломом, расположенным в восточной части профиля. Для нее характерен своеобразный спектр микроэлементов и локальность по ширине.

Из приведенного примера следует, что при детальном анализе наблюдаемого геоэлектрохимического поля, в особенности при использовании современного многоэлементного анализа концентратов отобранных проб, представляется вполне реальным рассматривать наличие геохимической зональности как результата проявления многоэтапности и многостадийности рудообразования в качестве поискового критерия уникальных месторождений.

Комплексирование геохимических (по наложенным ореолам) с геофизическими (включая современные разработки) и геологическими наблюдениями позволит при прогнозе и поисках рудных месторождений на закрытых территориях продвинуть проблему количественной характеристики выявляемых геологических объектов.

Опыт широкого многолетнего производственного применения геоэлектрохимических методов при разно-

масштабных поисках месторождений твердых полезных ископаемых на закрытых территориях, да и на любых других площадях, где использование традиционных литохимических методов по той или другой причине успеха не имеет, показал их удовлетворительную геологическую и экономическую эффективность. Геологическая эффективность обеспечивается получением качественно новой, уникальной информации о вещественном составе рудных объектов, их морфологии, положении в плане. Особенно эффективно использование геоэлектрохимических методов на закрытых территориях при поиске и оценке глубокозалегающих руд в условиях, когда другие геохимические методы малоэффективны. Экономическая эффективность работ обеспечивается за счет сокращения и более целесообразного использования необходимого для изучения участков объема дорогостоящих геофизических и буровых работ и сокращения сроков поиска и оценки месторождений. При этом геоэлектрохимические методы могут использоваться как опережающие на новых малоизученных участках с целью оценки их минерагенических перспектив, а также в комплексе с другими геофизическими исследованиями для разbroковки геофизических аномалий. Применение геоэлектрохимических методов в ряде случаев привело к открытию новых рудных объектов.

Теория наложенных ореолов, особенно в части геологической интерпретации данных, находится в ста-

дии развития. На сегодняшний день в результате теоретических расчетов и лабораторных экспериментов предложен квазиконвективный механизм переноса химических элементов в подвижных формах нахождения пузырьками природных газов. Построены физико-математические модели струйных ореолов над рудными телами, адекватно описывающие наблюдаемые геоэлектрохимические аномалии. Рассчитанные скорости миграции элементов-индикаторов значительно превышают таковые для процессов диффузии веществ в горных породах [12].

В рамках проведенных исследований разработаны Методические рекомендации «Технология работ и интерпретации геоэлектрохимических методов на рудных объектах», которые были представлены к рассмотрению на Научно-методическом Совете по геолого-геофизическим технологиям поисков и разведки твердых полезных ископаемых МПР России. Рекомендации одобрены, засчитаны Нормативно-методическим документом, полностью соответствующим своему назначению и рекомендованы для широкого внедрения производственными предприятиями при выполнении ими прогнозно-поисковых и поисково-оценочных геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые.

К настоящему времени накопился обильный фактический материал по адаптации геохимических методов поисков месторождений твердых полезных ископаемых в сложных ландшафтно-геологических условиях (на полуоткрытых и закрытых территориях).

Широкое апробирование геоэлектрохимических методов в России и в странах СНГ привлекло к ним внимание зарубежных исследователей. По научным публикациям авторов методов они реализованы в Китае, Индии и США. При содействии фирмы «Синтрекс» и других горнорудных компаний работы методами ЧИМ, МПФ и ТМГМ проводились при непосредственном участии российских специалистов в Канаде, Австралии, Вьетнаме, Финляндии, Ирландии и Тунисе. Организация и проведение опытных тестовых и производственных работ геоэлектрохимическими методами, а также публикации авторов новых разработок за рубежом в какой-то мере стимулировали исследования различных форм нахождения основных рудных элементов и их спутников, разработку и внедрение в практику поисков скрытого оруденения методик селективной экстракции. В работе [11] в числе таковых методик упомянуты NAMEG (изучение металлов в газовой фазе) и МОМЕО (изучение металлов с использованием селективной химической экстракции). В своей обширной статье [11] глава аналитического подразделения Геологической службы Канады Гвенди Е.М. Холл, обобщив печатные материалы по методам селективной экстракции элементов-спутников рудных месторождений из геохимических проб со ссылками и на наши публикации (правда, только на зарубежные), отметила, что основным фактором, способствующим широкому внедрению новых методов в практику геохимических пои-

сков, стало широкое использование в аналитике современных методов спектрального многоэлементного анализа с возбуждением атомов в индуктивно-связанной плазме.

Основой новых технологий поисков должны стать методы поисков по наложенным ореолам рассеяния основных и сопутствующих элементов-индикаторов месторождений. Процесс образования наложенных ореолов рассеяния химических элементов в горных породах вокруг источников их повышенной концентрации (рудных жил, залежей и др.) имеет практически повсеместное распространение. Известно, что элементный и газовый состав наложенных ореолов рассеяния соответствует вещественному составу, связанных с ними геологических объектов. Наложённые ореолы рассеяния служат одним из поисковых признаков глубоководных или перекрытых месторождений твердых полезных ископаемых.

Новые технологии должны быть комплексными и ориентированы на структурно-тектоническую и вещественную характеристику искомого объекта. Каждый из включенных в комплекс методов должен иметь значительную глубинность. В особо сложных случаях наблюдения по наложенным ореолам рассеяния целесообразно дополнять атмосхимическими и гидрогеохимическими съемками. Комплексные технологии в целом должны быть универсальными, рассчитанными на обнаружение разнообразных типов месторождений в различных регионах, отличающихся по геологическому строению.

Важными представляются вопросы геологической интерпретации выявляемых рудогенных аномалий и оценки их прогнозных ресурсов, они еще находятся в начале своего решения.

В связи со сказанным представляется своевременным предложение, высказанное ведущими специалистами ФГУП «ИМГРЭ» и Роснедр [8] «разработать, финансировать и реализовать отраслевую программу НИОКР «Геохимические работы в сложных ландшафтно-геологических условиях». В рамках такой программы ключевым вопросом должно стать комплексное изучение физико-химических процессов формирования наложенных ореолов рассеяния, обобщение, сопоставление всех имеющихся разработок по рассматриваемой проблеме в целях создания новых комплексных поисковых технологий. Параллельно с реализацией такой программы необходима актуализация и разработка новой Инструкции по геохимическим методам поисков месторождений твердых полезных ископаемых на смену устаревшей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, С.Г. Геоэлектрохимические технологии прогноза и поисков рудных и нефтяных объектов / С.Г. Алексеев, С.А. Вешев, Н.А. Ворошилов, Н.А. Касьянкова, О.Ф. Путиков, М.Б. Штокаленко // Прикладная геохимия. — Вып.3. — Прогноз и поиски. — М.: ИМГРЭ, 2002. — С. 365–382.
2. Алексеев, С.Г. Опыт использования наложенных ореолов рассеяния при прогнозе и поисках месторождений на закрытых территориях / С.Г. Алексеев, С.А. Вешев, Н.А. Ворошилов, М.Б. Штокаленко // Разведка и охрана недр. — 2008. — № 4–5. — С. 93–99.

3. Антропова, Л.В. Формы нахождения элементов в ореолах рассеяния рудных месторождений / Л.В. Антропова. — Л.: Недра, 1975. — С. 140.

4. Вешев, С.А. Геоэлектрoхимические технологии прогноза и поисков месторождений твердых полезных ископаемых и углеводородов / С.А. Вешев, Н.А. Ворошилов, С.Г. Алексеев // Разведка и охрана недр. — 2003. — № 4. — С. 38–43.

5. Ворошилов, Н.А. Геохимические поиски хромитовых месторождений в альпинотипных гипербазитах Урала / Н.А. Ворошилов, С.Г. Алексеев, М.Б. Штокаленко // Российский геофизический журнал. — 2014. — № 53–54. — С. 43–67.

6. Ворошилов, Н.А. Новый способ поисков месторождений полезных ископаемых на закрытых территориях / Н.А. Ворошилов, Л.Н. Ворошилова, С.А. Вешев, С.Г. Алексеев // Российский геофизический журнал. — 2002. — № 29–30. — С. 25–33.

7. Геологический словарь в трех томах. Издание третье, переработанное и дополненное. / Гл. редактор О.В. Петров. — СПб.: Издательство ВСЕГЕИ, 2010–2012.

8. Головин, А.А. Проблемы выявления, интерпретации и оценки рудогенных геохимических аномалий в сложных ландшафтно-геологических условиях / А.А. Головин, Л.А. Криночкин, Е.А. Чепкасова // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 8. — С. 6–12.

9. Кременецкий, А.А. Разномасштабные геохимические работы: состояние и пути повышения эффективности прогноза и поисков твердых полезных ископаемых и углеводородного сырья / А.А. Кременецкий, А.Ф. Морозов, Е.А. Киселев // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 8. — С. 3–6.

10. Милков, Г.В. Способ поисков полезных ископаемых. Авт. свид. СССР, № 894660. БИ № 48, 1981 / Г.В. Милков, В.Н. Виноградов, С.Г. Алексеев, А.С. Духанин.

11. Gwendy, E.M. Hall. Analytical perspective on trace elements species of interest in exploration / E.M. Gwendy Hall // In: Journal of Geochemical exploration. — 1998. — 61. — P. 1–19.

12. Putikov, O.F. Geoelectrochemistry and Stream Dispersion / O.F. Putikov, B. Wen. — Chapter 2 // In: Geochemical Remote Sensing of the Subsurface. Handbook of Exploration Geochemistry edited by M. Hale, Vol. 7. — Amsterdam, Elsevier, 2000. — P. 17–79.

© Ворошилов Н.А., Алексеев С.Г., Штокаленко М.Б., 2018

Ворошилов Николай Александрович // voroshilovnik@yandex.ru  
Алексеев Сергей Георгиевич // sga49@mail.ru  
Штокаленко Михаил Бранкович // mihkelshtokalenko@rambler.ru

## ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 556.32+551.311.231

Новиков В.П. (ФБУ «ТФГИ по УФО»), Копылов Д.В. (Уралнедра)

### УТОЧНЕННАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТОВ УРАЛЬСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

Основные представления о гидрогеологических условиях Уральской складчатой области (УСО) сформулированы в книге «Гидрогеология СССР. Т. XIV (Урал)», 1972 г. [5]. В последующий 45-летний период принципиально новых представлений о гидрогеологических условиях УСО не появилось. На основании анализа результатов исследований прошлых лет и вновь выполненных работ предложена уточненная природная гидрогеологическая модель объектов изучения в пределах УСО, что позволяет в современный период снижения достоверности мониторинговых наблюдений и экономии затрат на изучение гидрогеологических условий объектов исследований избежать грубых ошибок при подсчете эксплуатационных запасов пресных подземных вод, прогнозах обводнения месторождений твердых полезных ископаемых, а также оценках загрязнения подземных вод в условиях добычи полезных ископаемых способом ПВ. **Ключевые слова:** Уральская складчатая область, гидрогеологические условия, подземный сток, трещиноватость, кора выветривания.

Novikov V.P. (TFGI across the Ural Federal District), Kopylov D.V. (Uralnedra)

### THE SPECIFIED HYDROGEOLOGICAL MODEL OF OBJECTS OF THE URAL FOLDED REGION

The basic understanding of the hydrogeological conditions of Ural Folded Realm (UFR) has been formulated in «Hydrogeology of USSR. Vol. XIV (Ural)», 1972 [5]. In the following

45-year-long period absolutely new ideas about hydrogeological conditions of UFR didn't emerge. Based on the analysis of research results of past years and newly performed works the updated natural hydrogeological model of the objects of study within the UFR is offered, it helps to avoid rough mistakes in counting the operational reserves of fresh groundwater, in the predictions of flooding of solid minerals deposits as well as in the assessments of groundwater contamination from exploitation by the UL in a modern period of declining reliability of control observations and saving expenses for studying the hydrogeological conditions of researching topic. **Keywords:** Ural folded realm, hydrogeological conditions, underground runoff, jointing, weathering crust.

Согласно современным представлениям в скальных породах коренного субстрата Урала развита преимущественно экзогенная трещиноватость ограниченной (десятки — первые сотни метров) мощности, образующая водоносные горизонты в зоне трещиноватости различных литолого-петрографических типов пород. На регионально распространенную экзогенную трещиноватость наложены зоны тектонических нарушений, обладающие повышенной трещиноватостью, развитой на большие (до 1 км и более) глубины. В этих зонах повышенной трещиноватости развиты трещинно-жильные воды, являющиеся основными объектами поисково-разведочных гидрогеологических работ. Зоны тектонических нарушений наследуются в рельефе эрозионными врезами. Региональная же (экзогенная) трещиноватость получила преимущественное развитие в породах, слагающих местные водоразделы. При питании подземных вод за счет инфильтрации атмосферных осадков напоры подземных вод (гидроизогипсы) в сглаженном виде повторяют рельеф земной поверхности, что указывает на дифференциацию по площади проницаемости вмещающих их пород. Повсеместная удовлет-