

УДК 550.4.553.411.504.06

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МЕТОДИКИ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В. М. ГАСПАРЯН, С. В. ГРИГОРЯН\*, М. Э. КИРАКОСЯН, Л. В. АРУТЮНЯН\*\*

*Кафедра минералогии, петрологии и геохимии ЕГУ, Армения*

Литогеохимические методы поисков позволяют оценивать геохимические аномалии химических элементов геогенного и техногенного происхождения, встречающиеся в почвах в пределах всех рудных полей. Распределение элементов в почвах первоначально определяется влиянием коренных пород, в которых локализованы различные по составу эндогенные геохимические аномалии, а также почвообразующими процессами, определяющими основные особенности геохимического облика почв. Эти процессы могут привести к загрязнению окружающей среды различными токсичными элементами.

**Ключевые слова:** геогенные, техногенные аномалии, почвенный профиль, коренные породы, рудное поле.

Разработанная в последние годы высокоэффективная методика литогеохимических поисков скрытых и слабоэродированных рудных тел и месторождений редких, радиоактивных, цветных и благородных металлов [1–7] получила широкое применение во многих странах. Сущность этой методики, удостоенной высокой оценки зарубежных ученых [6], заключается в оценке литогеохимических аномалий с помощью критериев, разработанных на основе трехмерного литогеохимического моделирования известных (эталонных) месторождений. Важнейшим достижением в этом направлении является решение проблемы поисков скрытых и слабоэродированных рудных тел и месторождений. В подобных случаях основные запасы полезных ископаемых находятся на глубине.

Рассматриваемая методика, являясь логическим продолжением начатых в СССР в 30-х годах прошлого столетия работ основоположников литогеохимических методов поисков рудных месторождений Н. И. Сафронова и А. П. Соловова, имеет самостоятельное значение, поскольку выявление скрытых рудных тел и месторождений с целью обеспечения горнорудной промышленности надежной сырьевой базой в настоящее время является главнейшим приоритетом поисковых работ. Причина этого заключается в прогрессирующем истощении запасов действующих рудников на фоне постоянной тенденции роста потребности промышленности в большинстве металлов. Так как в

\* E-mail: [sergeygrig34@rambler.ru](mailto:sergeygrig34@rambler.ru)

E-mail: [levonharutyanyan25@rambler.ru](mailto:levonharutyanyan25@rambler.ru)

настоящее время во многих странах (особенно с развитой горнорудной промышленностью) так называемые “легкооткрываемые” месторождения, вскрытые эрозионной поверхностью в пределах открытых площадей, уже обнаружены (многие отработаны), основными источниками новых рудных ресурсов становятся скрытые месторождения.

По мере внедрения отмеченной выше методики литогеохимических поисков рудных месторождений в геологоразведочные работы стало очевидно, что геохимические поисковые критерии в отличие от геологических являются количественными и, кроме того, позволяют фиксировать не только выходящие на поверхность зоны минерализации, но и скрытые. При этом очень важной является возможность идентификации и исключения из сферы поисковых работ присутствующих в любом рудном районе многочисленных глубоко-эродированных рудных тел и месторождений, а также зон рассеянной рудной минерализации.

*Геогенные геохимические аномалии.* Кроме отмеченного было установлено, что составленные при поисках литогеохимические карты имеют также самостоятельное экологическое значение благодаря эколого-геохимической

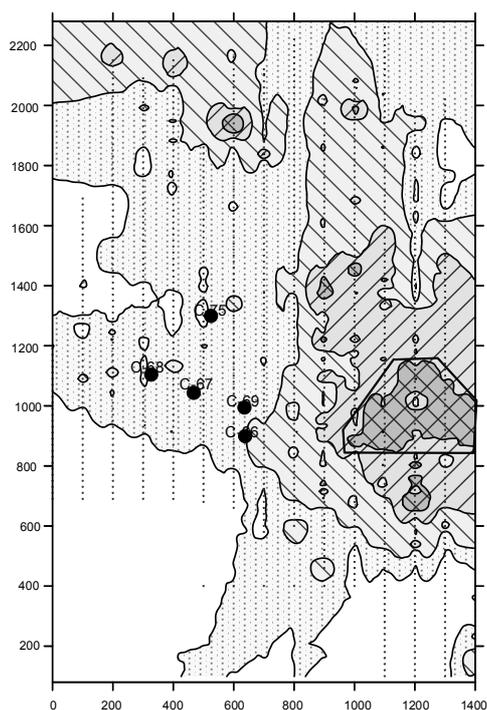


Рис. 1. Карта геогенных, гипергенных аномалий меди (Сунгунское рудное поле).

- |  |                |  |                  |
|--|----------------|--|------------------|
|  | 100–300 г/м;   |  | 300–1000 г/м;    |
|  | 1000–2500 г/м; |  | больше 2500 г/м. |
- месторождение Сунгун;
  - точки отбора проб;
  - буровые скважины.

окаймляющими как крупные месторождения, имеющие промышленное значение (Алаверди, Шамлуг, Ахтала), так и многочисленные мелкие, а также

методике оценки экологических последствий поисков, разведки и разработки минеральных месторождений [4]. Этими исследованиями на примере многих рудных районов бывшего СССР однозначно доказано, что при оценке экологического воздействия эксплуатации расположенных в пределах рудных полей конкретных месторождений необходимо учитывать влияние так называемого “геогенного” компонента загрязнения окружающей среды и его техногенную составляющую.

Упомянутые выше эколого-геохимические исследования, выполненные в пределах Алавердского и многих других рудных районов, показали, что определенную угрозу здоровью населения представляют не только горнорудные комбинаты (техногенная составляющая), но и развитые в рудных районах многочисленные геогенные геохимические аномалии, содержащие повышенные концентрации токсичных элементов. Эти аномалии представлены первичными геохимическими ореолами,

зонами рассеянной рудной минерализации. Запасы микроэлементов в этих аномалиях огромны и их определенная часть (во многих случаях значительная) в результате многолетних процессов выветривания коренных пород переходит в современные почвы, поверхностные и подземные воды. Именно этим определяется их негативное значение как серьезного источника загрязнения окружающей среды. Если учесть огромные запасы микроэлементов в упомянутых геохимических аномалиях, а также значительные размеры последних, то станет очевидной исключительная актуальность детального изучения распространенности геохимических аномалий в районе, а также определения уровня концентраций микроэлементов в почвах и водах с целью количественной оценки доли геогенной (первично-природной) составляющей в общем балансе загрязнения окружающей среды рудными компонентами. Отметим также, что геогенное обогащение почв (и следовательно, произрастающих на них растений) и вод (и орошаемых ими растений) по сравнению с техногенным не менее опасно также в связи с разнообразием элементов геогенного загрязнения и связанным с этим синергическим эффектом усиления вредного воздействия на окружающую среду.

Для иллюстрации положения о значительном развитии в рудных районах геогенных аномалий химических элементов в горных породах и перекрывающих их почвах на рис. 1 приведена геохимическая карта медного рудного поля Сунгун (Иран).

*Литогеохимические ореолы рудопроявления Сунгун.* Сравнение особенностей выявленных в почвах в пределах описываемого рудного поля геохимических аномалий позволило установить, что на площади рудопроявления Сунгун установлены только аномалии с промышленными концентрациями меди. Это означает, что в пределах геохимически опробованной части площади рудного поля отсутствуют другие рудные тела и месторождения, выходящие на современную эрозионную поверхность и перекрытые элювиально-делювиальными отложениями. Количественно единая вертикальная геохимическая зональность первичных ореолов медно-порфирового оруденения [4] была использована при интерпретации геохимических аномалий, выявленных в пределах Сунгунского рудного поля.

*Оценка рудопроявления Сунгун на глубину.* Как уже отмечалось, рудопроявление Сунгун вскрыто современной эрозионной поверхностью, где оно поверхности представлено рудным штокверком. Для оценки уровня эрозионного среза рудопроявления и определения на этой основе его перспектив на глубину было выполнено опробование почв на поверхности [4]. В результате были выявлены интенсивные и значительные по размерам ореолы рассеяния меди (рис. 1) и ряда ее элементов-спутников.

Величина мультипликативного коэффициента вертикальной геохимической зональности рудопроявления Сунгун на поверхности графически соответствовала верхней части вертикального интервала медно-порфирового оруденения, что позволило прогнозировать продолжение промышленного оруденения на глубину не менее 1500 м. Этот прогноз был подтвержден: в результате буровой разведки было выявлено крупное медно-порфировое месторождение (807 млн. т руды со средними содержаниями 0,62% меди и 175 г/т молибдена).

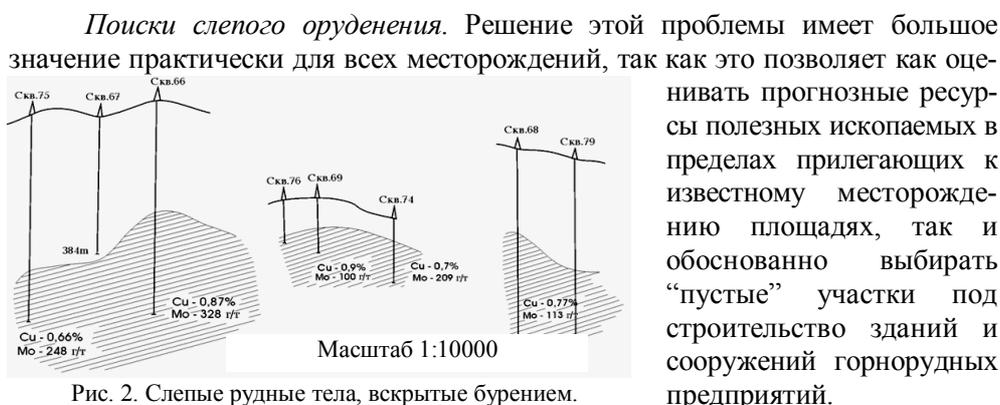


Рис. 2. Слепые рудные тела, вскрытые бурением.

Как отмечалось выше, обработка результатов геохимического опробования почв показала, что в пределах исследованной площади отсутствуют аномалии высокой интенсивности (кроме аномалии самого месторождения Сунгун), фиксирующие вскрытые эрозийной поверхностью рудные тела. Оценка же слабоконтрастных аномалий на слепое оруденение с помощью критерия вертикальной геохимической зональности позволила выделить две перспективные на слепое оруденение аномалии, расположенные западнее месторождения Сунгун. На рис. 2 показаны слепые рудные тела, вскрытые буровыми скважинами, показанными на рис. 1.

*Идентификация зон рассеянной рудной минерализации (ЗРМ).* Помимо описанных выше аномалий, признанных перспективными на слепое оруденение, в результате геохимического опробования почв был выявлен также ряд других аномалий с концентрациями меди и молибдена существенно ниже промышленных. Оценка этих аномалий с помощью критерия вертикальной зональности показала, что по величинам коэффициента зональности эти аномалии согласно графику зональности отвечают уровню промышленного медно-порфирового оруденения. Эта особенность аномалий при отсутствии промышленных содержаний основных ценных компонентов руд (меди и молибдена) позволила считать, что они представляют собой зоны рассеянной рудной минерализации. Этот вывод основан на результатах детального изучения особенностей ЗРМ различных формационных типов гидротермальной минерализации. Было установлено, что, в отличие от окаймляющих концентрированное оруденение первичных ореолов, ЗРМ азональны, т.е. лишены отчетливой вертикальной геохимической зональности. По этой причине коэффициент зональности по вертикали существенных и однонаправленных изменений не претерпевает и по величине соответствует уровню средних рудных тел первичных ореолов [4]. При этом ЗРМ характеризуются низкими концентрациями. Эти критерии идентификации ЗРМ были использованы для оценки упомянутых выше геохимических аномалий. В результате большинство выявленных аномалий было признано ЗРМ.

*Экологическое значение геогенных геохимических аномалий.* Рассмотренные выше результаты литогеохимических поисков в пределах Сунгунского рудного поля приведены для обсуждения ряда экологических аспектов как поисков, так и эксплуатации рудных месторождений. Эта проблема особенно актуальна для Армении, горнорудная отрасль которой является ведущей в

экономике республики, и обеспечение ее высокой эффективности – постоянная забота правительства и других руководящих органов Армении. Важнейшим условием решения этой проблемы является обеспечение горнорудной отрасли постоянно растущими объемами запасов сырья, что требует применения высокоэффективных методов поисков новых месторождений и рудных тел как в пределах известных рудных полей, так и на новых площадях. Известно, что интенсивное развитие горнорудной отрасли усугубляет проблемы охраны окружающей среды, что тревожит общественность. При этом наиболее ожесточенной критике подвергаются эксплуатирующие месторождения горнодобывающие предприятия, а также перерабатывающие добываемые руды обогатительные фабрики и металлургические заводы. Но во многих случаях подобные протесты не всегда обоснованы прежде всего по причине недостаточной изученности профессионалами истинных источников химических элементов, загрязняющих окружающую среду в рудных районах. Самое грубое упущение при оценке источников и масштабов загрязнения окружающей среды близ горных предприятий – это незнание реальных источников загрязнения рудными компонентами. Как было установлено геохимическими исследованиями многочисленных рудных полей [1–3], существуют два вида загрязнения окружающей среды типоморфными для конкретных месторождений химическими элементами: *антропогенный* (техногенный), легко распознаваемый по результатам разработки месторождений; *геогенный*, в основном связанный с рассеянной, непромышленной рудной минерализацией, однако обладающей значительными размерами, и, благодаря этому, огромными запасами химических элементов, типоморфных для данного типа рудной минерализации. В отличие от техногенного, геогенное загрязнение окружающей среды происходит скрытно: минерализация в коренных породах в процессе выветривания и почвообразования меняет формы нахождения рудных элементов в более подвижные, увеличивающие поля загрязнения рудными элементами.

Широко развитые в каждом рудном районе геогенные аномалии в коренных породах представляют собой поисковые признаки возможных рудных тел и месторождений промышленного значения, одновременно это типичные площади, загрязненные в процессе рудообразования широким набором типоморфных для данной рудной формаций элементов-индикаторов. Это хорошо иллюстрируют приведенные выше результаты геохимических работ, выполненных в пределах Сунгунского рудного поля [4]. Следует отметить, что ранее в этом районе месторождения не были известны, поэтому площадь геохимического опробования была стерильна по части техногенного загрязнения, т.е. выявленные в пределах рассматриваемой площади геохимические аномалии (рис. 1) имеют исключительно геогенную природу.

Обобщая вышеизложенное можно отметить, что значительные площади эндогенной рудной минерализации в коренных породах, скрытые чехлом загрязненных рудообразующими химическими элементами почв и почвообразующих рыхлых отложений, также имеют двоякую природу:

а) для экологов это площади загрязнения типоморфными для рудных месторождений химическими элементами, заслуживающие изучения для экологической оценки;

б) для геологической службы горнорудных предприятий подобные площади являются перспективными на возможные рудные месторождения и безусловно заслуживают проведения в их пределах поисково-оценочных работ для выявления и разработки новых месторождений промышленного значения.

Комплексная геохимическая методика поисков рудных месторождений и оценки загрязнения опосредованной площади в результате гипергенного разрушения приповерхностной части локализованных в коренных породах геогенных геохимических аномалий позволяет в результате геохимического опробования почв и обработки данных анализа проб выявлять: 1) участки загрязнения почв и почвообразующих рыхлых отложений (экогеохимическая оценка опробованной площади); 2) рудные месторождения.

В заключение отметим еще один весьма существенный выигрыш широкого внедрения предлагаемой методики, заключающийся в возможности оценки эколого-геохимической ситуации в районах, проектируемых для разработки новых месторождений: подобная организация работ позволит правильно оценить воздействие на окружающую среду эксплуатируемого месторождения на фоне составленной до начала эксплуатационных работ эколого-геохимической карты.

Подобная организация работ позволит избежать многочисленных конфликтных ситуаций. Природозащитники в ряде случаев во всех экологических бедах городов и сел обвиняют ближайшие горные предприятия, которые без эколого-геохимических карт, составленных до начала эксплуатационных работ, не в состоянии доказать, что источниками экологических бед скорее всего являются поля загрязнения широким кругом химических элементов, образовавшиеся в результате гипергенного разрушения геогенных аномалий в коренных рудовмещающих породах.

*Поступила 03.09.2012*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Григорян С.В.** Геохимические методы при поисках эндогенных рудных месторождений. Методические рекомендации. М.: ИМГРЭ, 1974, 216 с.
2. **Григорян С.В.** Рудничная геохимия. М.: Недра, 1982, 206 с.
3. **Григорян С.В., Соловов А.П., Кузин М.Ф.** Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1983, 192 с.
4. **Григорян С.В., Фарсинна А.** Применение литогеохимических методов поисков слепой медно-порфировой минерализации в пределах Сунгунского рудного района. Сб. Прикладная геохимия. М.: ИМГРЭ, 2002, № 3, с. 592–601.
5. **Grigoryan S.V.** Primary Geochemical Halos in Prospecting and Exploration of Hydrothermal Deposits. // *Int. Geology Review*, 1974, v. 16, № 1, p. 12–25.
6. **Levinson A.A.** Introduction to Exploration Geochemistry. The 1980 Supplement. Willmette, Illinois, USA: Applied Publishing LTD, 994 p.
7. **Beus A.A., Grigoryan S.V.** Geochemical Exploration Methods for Mineral Deposits. Willmette, Illinois, USA: Applied Publishing LTD, 1997, 285 p.

Վ. Մ. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ, Ս. Վ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Մ. Է. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ,  
Լ. Վ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

ՄԵՏԱՂԱԿԱՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ԼԻԹՈԵՐԿՐԱԶԻՄԻԱԿԱՆ  
ՈՐՈՆՈՒՄՆԵՐԻ ՄԵԹՈԴԻԿԱՅԻ ԷԿՈԼՈԳԻԱԿԱՆ  
ՆՇԱՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ո մ

Հողերում՝ բոլոր հանքային դաշտերի սահմաններում հանդիպում են քիմիական տարրերի երկրածին և տեխնածին երկրաքիմիական անոմալիաներ: Քիմիական տարրերի բաշխումը առաջնայինը որոշվում է արմատական ապարների ազդեցությամբ, որոնցում տեղայնացված են տարբեր բաղադրություններով ներծին երկրաքիմիական անոմալիաներ, ինչպես նաև հողագոյացման գործընթացներով որոնք որոշում են հողերի երկրաքիմիական կազմի առանձնահատկությունները: Այս գործընթացներն էլ կարող են հանգեցնել շրջակա միջավայրի աղտոտմանը թունավոր տարրերով՝ մասնավորապես, ծանր մետաղներով:

V. M. GASPARYAN, S. V. GRIGORYAN, M. E. KIRAKOSYAN, L. V. HARUTYUNYAN

ECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF LITHOGEOCHEMICAL  
EXPLORATION METHODS FOR ORE DEPOSITS

Summary

Geochemical anomalies of trace elements of both geogenic and technogenic origin occur in soils distributed in various ore fields. The distribution patterns of element concentration in soils are primarily influenced by the bedrock with different types of endogenic geochemical anomalies, and by the soil forming processes, which modify the basic geochemical composition and redistribute the content of metals within the soil profile. Alteration processes may lead to the release of potentially toxic elements, particularly heavy metals, into the environment.