

ՀԱՅՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ  
ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ  
ԵՐԿՐԱՔԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Հովհաննիսյան Արշավիր Եղիազարի

ՊՂԻԼԶ-ՄՈՒԻԲԴԵԼԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ՈՐՈՆՄԱՆ  
ԼԻԹՈՆԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ՄԵԹՈՂՆԵՐ  
(Հայաստանի և Իրանի հանքային դաշտերի օրինակի վրա)

ԻԴ.00.02 - «Երկրաքիմիա, օգտակար հանածոների որոնման  
երկրաքիմիական մեթոդներ» մասնագիտությամբ երկրաբանական  
գիտությունների թեկնածուի զիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

Սեղմագիր

ԵՐԵՎԱՆ - 2007

---

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Оганесян Аршавир Егиазарович

ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ  
МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
(на примере рудных полей Армении и Ирана)

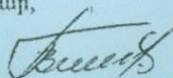
Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата  
геологических наук по специальности  
24.00.02 - "Геохимия, геохимические методы поисков  
месторождений полезных ископаемых"

ЕРЕВАН - 2007

Ատենախոսության քննան հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ  
Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտում

- Գիտական ղեկավար՝ ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, երկրաբ.-հանքաբ. գիտ.  
դոկտոր, պրոֆեսոր Գրիգորյան Ս.Վ.
- Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ երկրաբ.-հանքաբ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր,  
Բեգիրզանով Բ.Հ.  
երկրաբ.-հանքաբ. գիտ. թեկնածու  
Խաչանով Զ.Վ.
- Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի Պետական Համալսարան
- Պաշտպանությունը տեղի կունենա 2007թ. դեկտեմբերի 4-ին, ժամը 13<sup>00</sup>,  
ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի 054  
Մասնագիտական խորհրդի նիստում:  
Հասցեն՝ 0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պող. 24ա:  
Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ գրադարանում:  
Սեղմագիրն առաքվել է 2007թ. նոյեմբերի 1-ին:  
054 Մասնագիտական խորհրդի գիտ. քարտուղար,  
երկրաբ.-հանքաբ. գիտ. թեկնածու

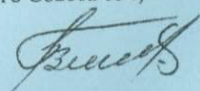
 Շաիրյան Հ.Վ.

Тема диссертации утверждена в Институте геологических наук НАН РА

- Научный руководитель: академик НАН РА, доктор геол.-мин.наук,  
профессор Григорян С.В.
- Официальные оппоненты: доктор геол.-мин. наук, профессор  
Безирганов Б.Г.  
кандидат геол.-мин. наук  
Хачанов Х.В.
- Ведущая организация: Ереванский Государственный Университет

Защита состоится 4 декабря 2007г., в 13<sup>00</sup> часов, на заседании  
Специализированного Совета 054 Института геологических наук НАН РА.  
Адрес: 0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24 а.  
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГН НАН РА.  
Автореферат разослан 1 ноября 2007г.

Ученый секретарь Специализированного Совета 054,  
кандидат геол.-мин. наук



Шагинян Г.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Медно-молибденовая рудная формация является ведущей для территории РА, в связи с чем разработка и внедрение в производство геолого-разведочных работ эффективных методов поисков и оценки месторождений этой формации для РА приобретает особую актуальность. В связи с высокой степенью геологической изученности территории РА, поиски и оценка слабоэродированных и скрытых рудных тел и месторождений (в том числе и медно-молибденовых) приобретают исключительную актуальность, что в свою очередь определяет актуальность данной работы, поскольку именно литогеохимические методы являются одними из наиболее эффективных в поисках слабоэродированных и скрытых месторождений.

Цель и задачи работы. Целью работы являлась разработка рационального комплекса литогеохимических критериев оценки аномалий медно-молибденовой минерализации.

Согласно поставленной цели, в работе решались следующие основные задачи:

1. **Установление** закономерностей состава и строения первичных геохимических ореолов известных месторождений для разработки критериев оценки литогеохимических аномалий;
2. **Изучение** особенностей пространственной корреляции распределения элементов-индикаторов в коренных породах и перекрывающих их почвах для выявления критериев оценки рудоносности коренных пород, основанных на параметрах аномалий в почвах;
3. **Изучение** гипергенных процессов формирования зон вторичного сульфидного обогащения медно-молибденовых месторождений для выявления критериев поисков и оценки (возможно количественной) подобных зон слепого залегания;
4. **Опытное внедрение** разработанного комплекса критериев оценки литогеохимических аномалий в практику поисковых работ для оценки надежности практического применения разработанной методики, а также определения дальнейших направлений ее усовершенствования.

Объекты исследований и фактический материал. В качестве основных объектов исследований были выбраны медно-молибденовые месторождения Каджаран, Техут (Армения) и Сунгун (Иран).

1964



Фактический материал диссертационной работы представлен результатами полиэлементного приближенно-количественного спектрального анализа более 1400 геохимических проб, отобранных в разные годы сотрудниками Каджаранской группы ИГН НАН РА по 25 буровым скважинам. Кроме того, в диссертационной работе использованы результаты приближенно-количественных спектральных и количественных ICP MS анализов более 2100 проб иранских объектов, предоставленных для обработки автору С.В.Григоряном, а также результаты анализа более 1250 геохимических проб, отобранных автором лично в пределах Алавердского и Техутского рудных полей.

**Методика работ и анализ проб.** Керны буровых скважин были опробованы методом пунктирной борозды, сущность которого заключается в отборе нескольких кусочков (сколов) пород через равные расстояния. При опробовании шурфов геохимические пробы отбирались из коры выветривания дезинтегрированных и неизмененных пород на дне шурфов.

Данные геохимических исследований автором подвергались компьютерной обработке с использованием современных программ. Особое внимание уделялось методам мультипликативных коэффициентов и других интегральных показателей, позволяющих существенно усилить полезные сигналы.

**Научная новизна работы.** В результате проведенных исследований

- **установлены** идентичные для исследованных месторождений особенности состава и строения первичных геохимических ореолов;
- **с применением** байесовской статистики разработан оригинальный способ надежной идентификации формационной принадлежности аномалий по содержаниям элементов-индикаторов;
- **разработана** методика поисков и оценки скрытых зон вторичного сульфидного обогащения медно-молибденовой минерализации;
- **оценены** перспективы рудоносности ряда участков.

**Практическая ценность работы.** К настоящему времени проверены три рекомендации: в результате - бурением подтверждена правильность геохимической оценки этих рекомендаций: две положительные оценки – одна на участке Крункнер, другая – на участке Сонаджил (Иран); третья рекомендация – отрицательная (на участке Сонаджил). Кроме того, в пределах Алавердского рудного поля выявлен ряд

перспективных геохимических аномалий (Дарк, северный и южный участки Северного расширения), требующий детализации для определения рациональной системы размещения буровых скважин.

#### Защищаемые положения:

1. Исследованные медно-молибденовые месторождения окаймлены первичными ореолами типоморфного комплекса элементов-индикаторов (Cu, Mo, Pb, Zn, Ag, Sn, W и др.). Наряду с первичными ореолами центростремительного типа (максимумы концентраций элементов совпадают с рудными телами), в строении первичных ореолов отдельных элементов наблюдается кольцевое развитие ореолов (Ba, Sr).
2. В строении первичных геохимических ореолов исследованных медно-молибденовых месторождений выявлена вертикальная геохимическая зональность, которая выражается в отчетливом смещении по вертикали первичных ореолов отдельных элементов друг относительно друга. Для основных элементов-индикаторов месторождения Каджаран установлен следующий ряд элементов-индикаторов вертикальной зональности: W-Sn-Ni-Co-Mo-Cu-Zn-Pb-Ag. В этом ряду слева направо происходит смена нижнерудных элементов (менее подвижных в эндогенном процессе рудообразования) верхнерудными элементами. На месторождении Сунгун выглядит так: Mo-Cu-Zn-Pb-Ag. Остальные элементы Каджаранского ряда в пробах Сунгуна не были проанализированы.
3. Установлена возможность фиксации и оценки перекрытых рыхлыми отложениями (мощностью до 4м) рудных тел и их первичных ореолов с помощью мультиэлементных вторичных литогеохимических ореолов рассеяния элементов-индикаторов.
4. Разработанная автором методика оценки литогеохимических аномалий при поисках медно-порфировых месторождений включает:
  - **идентификацию** формационной принадлежности литогеохимических аномалий с помощью оригинального способа, основанного на байесовской статистике;
  - **оценку** уровня эрозийного среза литогеохимических аномалий с помощью установленной в строении первичных ореолов количественно единой

вертикальной геохимической зональности;

- **выявление и оценка** примерных масштабов слепых зон вторичного сульфидного обогащения.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа изложена на 152 страницах машинописного текста, содержит 69 рисунка, 16 таблиц и состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы из 112 наименований.

**Публикации и апробация работы.** По теме диссертационной работы опубликовано 6 статей. Основные результаты работы неоднократно обсуждались в геологическом управлении компании “Armenian Copper Program”, а также в Алавердской и Техутской геолого-разведочных партиях.

Работа выполнена в ИГН НАН РА, в отделе полезных ископаемых и петрологии.

#### **Благодарности.**

Автор выражает искреннюю признательность академику НАН РА, д.г.-м.н. Р.Т.Джрбашяну и члену корреспонденту НАН РА, д.г.-м.н. Р.Л.Мелконяну, за весьма полезные консультации при выполнении исследований в рамках Алавердских и Техутской договорных тем, а также директору ИГН НАН РА, д.г.-м.н. А.С.Караханяну, за содействие при завершении работы.

Автор глубоко благодарен докторам г.-м.н. - Ш.О.Амиряну, В.А.Агамаляну и К.М.Мурадяну, за замечания и ценные советы.

Автор выражает также глубокую признательность начальнику Геологического агентства Министерства охраны природы РА Е.Г.Тертеряну, начальнику отдела полезных ископаемых Г.Г.Арояну, а также всем сотрудникам того же агентства за содействие и помощь.

Выполнение работы было бы невозможным без помощи коллег автора по работе в отделе полезных ископаемых и петрологии: к-та г.м.н. А.З.Адамян, к-та г.м.н. М.А.Арутюнян, С.П.Саркисяна, М.А.Мамаджанян, Л.С.Авакян, С.Э.Овакимяна.

Особую признательность и благодарность автор выражает к-ту г.м.н. Р.Н.Таяну и своему научному руководителю, академику НАН Армении, С.В. Григоряну, за неоценимую помощь в выполнении данной работы.

**ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ПЕРВИЧНЫХ  
ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАДЖАРАН  
(Зангезурский рудный район)**

**1. Геологическое строение месторождения Каджаран**

Зангезурский рудной район является южным сегментом Цахкунк-Зангезурской структурно-металлогенической зоны.

Рудное поле и месторождение сложены, в основном, породами монцонитовой интрузии Мегринского плутона (верхний эоцен).

Дайковые образования рудного поля представлены, в основном, гранодиорит-порфирами трех генераций. Дайки образуют пояса северо-восточного и субширотного простирания. К метасоматическим породам отнесены дорудные пропилиты, вторичные кварциты, а также собственно околорудно измененные породы.

Медно-молибденовый штокверк представлен единым, вытянутым в меридиональном направлении крупным образованием, прослеживающимся более чем на 3,5 км, при мощности около 2 км. Промышленные руды локализованы в монцонитах всячего (восточного) бока Дебаклинского разлома, ориентированного на участке месторождения в северо-западном (320-340°) направлении. Среди морфологических типов руд важная роль отводится прожилковому типу.

Помимо основного Центрального участка, на котором ведутся добычные работы, выделяются также участки *Левобережье (северный фланг)* и *Шлоркут (южный фланг месторождения)*.

Участок *Левобережье* расположен в контактовой полосе монцонитов с роговиками, которые на севере постепенно переходят в андезитовые базальты и породы пирамсарской вулканогенно-осадочной свиты.

**2. Состав и вертикальная геохимическая зональность первичных ореолов**

Для изучения первичных ореолов месторождения были обработаны результаты приближенно-количественного анализа более чем 1400 проб. Первичные ореолы были оконтурены по средним содержаниям элементов, рассчитанных для каждого 50м -ого интервала 25 буровых скважин. Из более чем двадцати исследованных химических элементов с удовлетворительной чувствительностью анализа, закономерные связи с

медно-молибденовым оруденением (кроме меди и молибдена) были выявлены для Pb, Zn, Ag, Co, Ni, W и Sn.

Максимальными по размерам и интенсивности являются первичные ореолы меди и молибдена. Сравнение поведения этих основных элементов выявляет отчетливый сдвиг молибдена вниз по отношению к меди.

Первичные ореолы свинца, цинка и серебра развиты в верхней части месторождения, отражая верхнерудный характер этих элементов. Кобальт, никель и вольфрам являются типично нижнерудными элементами-индикаторами: поля максимальных содержаний этих элементов отчетливо развиты в нижних частях месторождения.

Вертикальная геохимическая зональность первичных ореолов наиболее контрастно проявлена в строении мультипликативных ореолов верхнерудных и нижнерудных элементов (рис. 1, 2), а также ореолов, оконтуренных по величинам мультипликативных коэффициентов вертикальной геохимической зональности (рис.3).

Для иллюстрации характера изменения с глубиной величин мультипликативного коэффициента вертикальной геохимической зональности первичных ореолов, на рис. 4 приведены графики изменения с глубиной величин мультипликативного коэффициента, построенные как для Центрального, так и Левобережного участков описываемого месторождения.

Как следует из рис. 4, с помощью коэффициента выявляется достаточная для практического применения контрастность вертикальной геохимической зональности, что особенно четко проявляется на Левобережном участке (контрастность более 1000). Полученная контрастность позволяет рекомендовать предложенный мультипликативный коэффициент для оценки уровня эрозионного среза геохимических аномалий рассмотренного типа оруденения.

Применительно к месторождению Каджаран, графики, приведенные на рис.4 позволяют сделать вывод о менее глубоком эрозионном срезе Левобережного участка (по сравнению с Центральным) и о большем вертикальном размахе оруденения на Центральном участке, о чем свидетельствует более "растянутая" (по сравнению с Левобережным участком) вертикальная зональность этого участка.

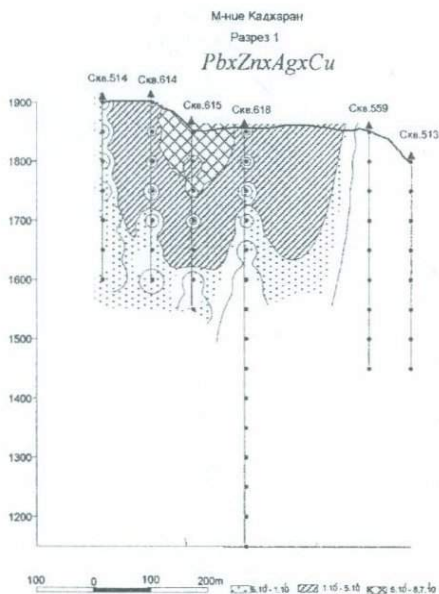


Рис. 1. Мультипликативные первичные ореолы верхнерудных элементов

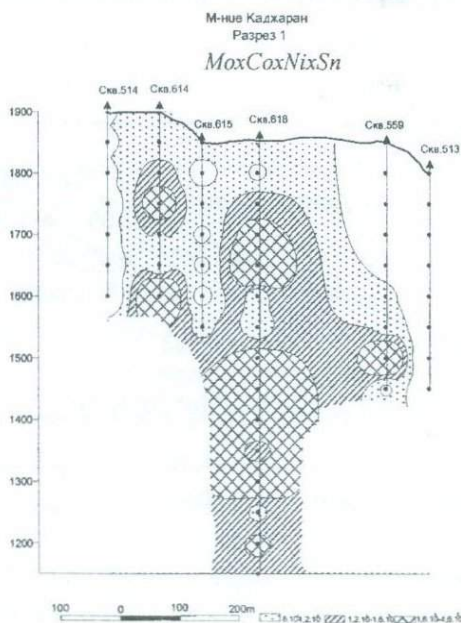


Рис. 2. Мультипликативные первичные ореолы нижнерудных элементов

М-ние Каджаран  
Разрез 1

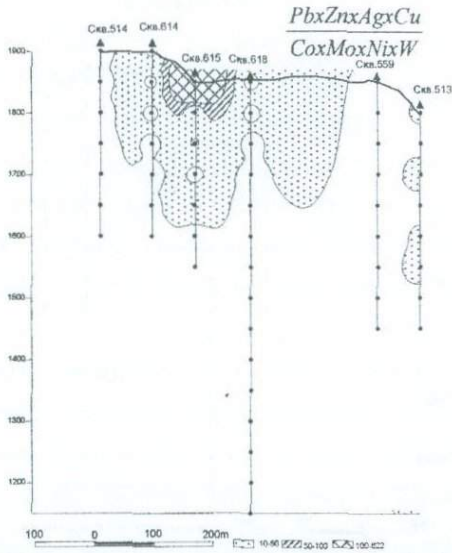


Рис. 3. Первичные ореолы, околонтуренные по величине мультипликативного коэффициента вертикальной зональности

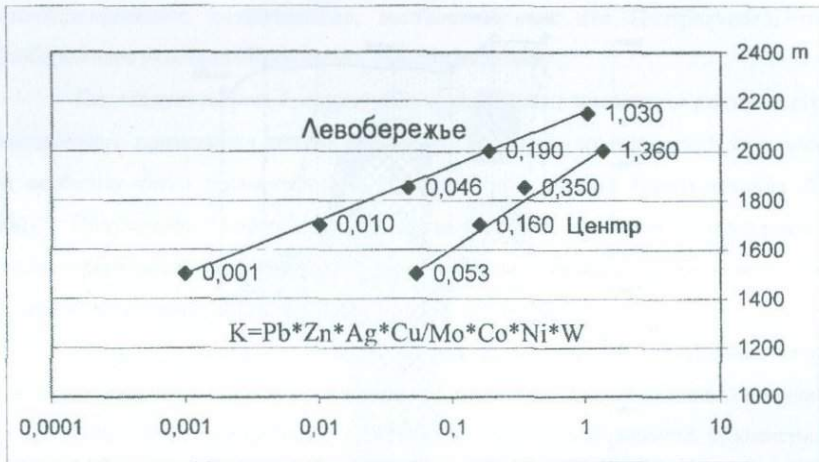


Рис. 4. Графики изменения с глубиной мультипликативного коэффициента вертикальной геохимической зональности первичных ореолов м-ия Каджаран

**ГЛАВА II**  
**ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ**  
**ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ РАССЕЯНИЯ**  
**ЭЛЕМЕНТОВ-ИНДИКАТОРОВ**

С.В.Григоряном, Н.Н.Сочевановым и их сотрудниками, на примере различных ландшафтно-геохимических условий территории бывшего СССР и ряда зарубежных стран, было установлено, что в определенных ландшафтно-геохимических условиях между первичными и вторичными литогеохимическими ореолами существует положительная корреляция, которую удастся существенно усилить, применяя различные модификации построения мультипликативных показателей литогеохимических ореолов. Подобные исследования по медно-молибденовым месторождениям не известны, в связи с чем нами было выполнено сопряженное изучение первичных и вторичных ореолов в пределах двух медно-молибденивых рудных полей: Харестанского (Иран) и Техутского (РА).

Ниже кратко рассматриваются результаты исследований, выполненных на участке Харестан.

Поиски и оценка перекрытых рыхлыми отложениями месторождений по вторичным ореолам проводятся, обычно, только для площадей с ограниченной (до 1м) мощностью автохтонных рыхлых отложений (до настоящего времени специальных исследований для большей мощности не проводилось). По этой причине в программу исследований было включено изучение корреляции первичных и вторичных ореолов медно-молибденового оруденения при мощности рыхлого покрова более 1,0 м. Эта задача нами была решена путем обработки результатов сопряженного геохимического опробования коренных пород и перекрывающих их рыхлых отложений на медно-молибденовом рудопроявлении Харестан по десяти шурфам, специально пройденным в рыхлых отложениях до вскрытия коренных рудовмещающих пород, выполненного при участии и под руководством С.В.Григоряна. Этот район по ландшафтно-геохимическим условиям является аналогом перспективных на медно-молибденовое оруденение районов Армении, как на севере (Техутское рудное поле), так и юго-востоке (Каджаранское и Агаракское рудные поля).

Геологическое строение участка исследований определяется развитием гидротермально измененных монцитов, практически повсеместно перекрытых чехлом рыхлых отложений значительной мощности.

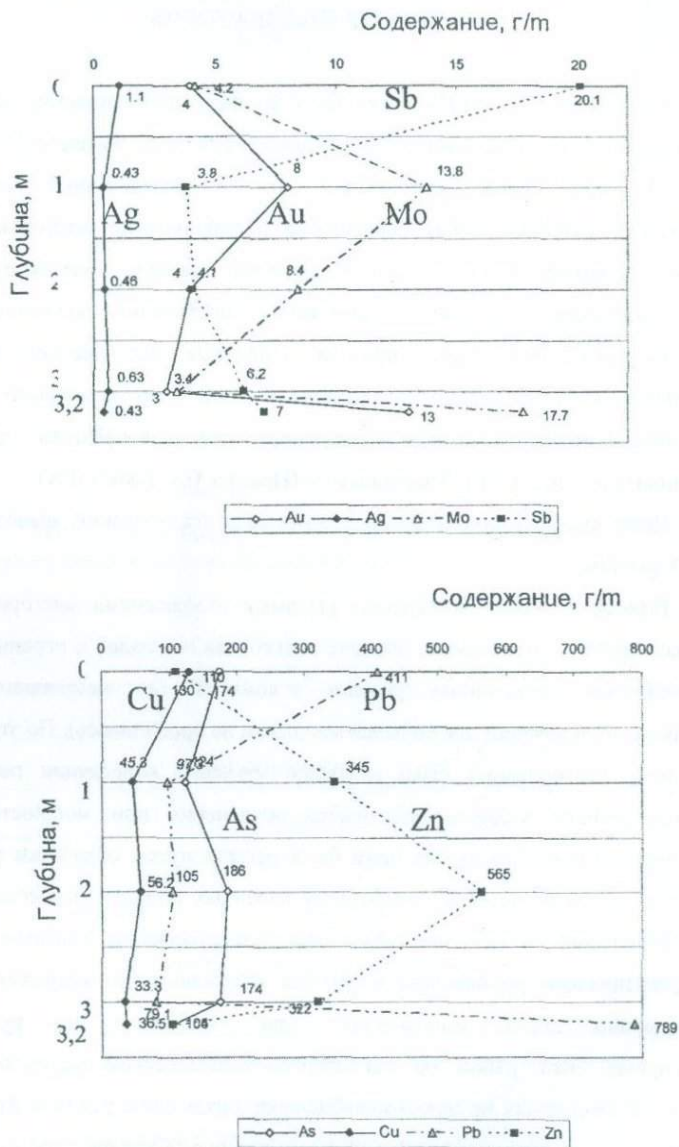


Рис. 5. Изменение содержаний элементов с глубиной (шурф NP-4).

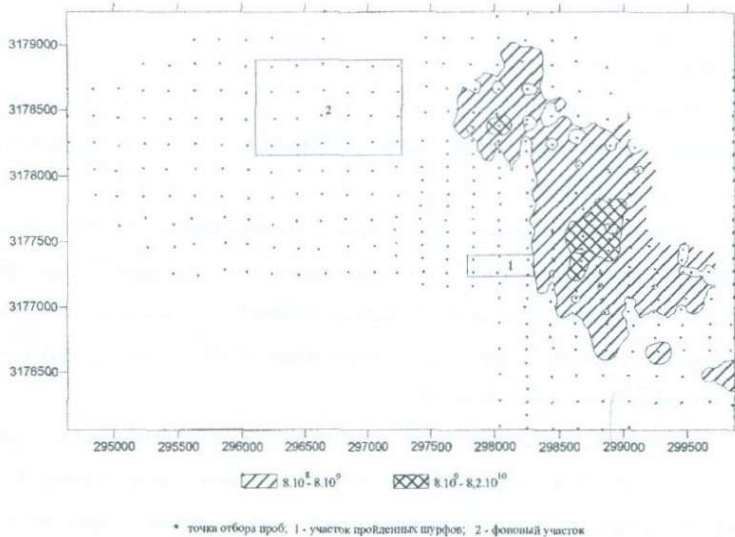


Рис. 6а. Вторичные мультипликативные ореолы рассеяния подвижных в гипергенных условиях элементов-индикаторов (CuхCoхNiхZn).

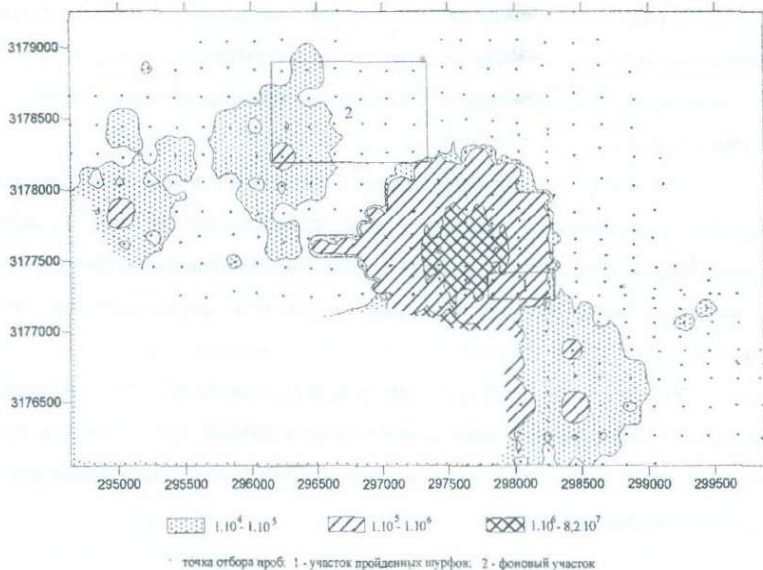


Рис. 6б. Вторичные мультипликативные ореолы рассеяния малоподвижных в гипергенных условиях элементов-индикаторов (SnхAsхWхMo).

Глубины шурфов, достигших коренных пород, определялись, естественно, мощностью перекрывающих рыхлых отложений. Максимальная зафиксированная шурфами мощность рыхлых отложений - 4 м, а минимальная – 1,67 м. Все отобранные из шурфов пробы были проанализированы на 44 элемента методом количественного ICP MS.

Анализ выполненных работ показал, что содержания элементов-индикаторов в подавляющем большинстве пробах аномальны – они существенно превышают фоновые: исключение составляют медь и, частично, – цинк, для которых иногда наблюдается вынос из приповерхностных частей разреза, приводящий к появлению околофоновых содержаний (рис. 5).

В отличие от моноэлементных, мультипликативные ореолы проявляют более тесную положительную корреляцию между первичными ореолами в коренных породах и вторичными в перекрывающих их рыхлых отложениях (рис. 6а и 6б).

Это означает, что использование мультипликативных ореолов является более надежным, исключающим пропуск рудной минерализации в коренные породы.

Аналогичные результаты получены на участках Крункнер и Шевут Техутского рудного поля, что свидетельствует о возможности фиксации сульфидов с помощью почвенного опробования рудных тел в коренных рудовмещающих породах, при мощности перекрывающих коренные рудовмещающие породы рыхлых отложений до 4 м.

Принимая во внимание факт наличия на поверхности исследованных участков интенсивных ореолов элементов-индикаторов, и, прежде всего, мультипликативных ореолов, следует считать, что мощность рыхлого покрова в 4 м не является пределом для фиксации коренного оруденения по результатам опробования почв.

Это позволяет рекомендовать широкое применение рассмотренного выше почвенного литогеохимического опробования в сильно залесенных и перекрытых рыхлыми отложениями площадях, которые остаются важнейшим резервом прироста запасов минерального сырья.

## ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН ВТОРИЧНОГО ОБОГАЩЕНИЯ НА ОСОБЕННОСТИ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ

Известно, что при поисках и оценке рудных месторождений различных формационных типов, часто приобретает важное значение прогноз наличия зон гипергенного обогащения теми или иными промышленно ценными компонентами. В настоящее время в комплексе оценочных критериев геохимических аномалий отсутствуют критерии прогноза скрытых зон вторичного обогащения, что существенно снижает эффективность геохимических поисков сульфидных месторождений и, прежде всего, медных месторождений, для которых зоны вторичного обогащения имеют важное экономическое значение.

Методика геохимического прогноза зон вторичного обогащения (ЗВО) подсказана механизмом их формирования: выщелачивание элемента, в данном случае - меди из приповерхностных частей месторождений (зона выщелачивания - ЗВ) и отложение ниже в ЗВО. Для количественной оценки рассматриваемой гипергенной подвижности элементов использован коэффициент гипергенной подвижности данного элемента (КГП), равный отношению содержаний элемента в ЗВ (числитель) и ЗВО (знаменатель). Очевидно, что, чем меньше эта величина, тем выше гипергенная подвижность элемента и - наоборот.

Для изучения влияния гипергенных процессов на распределение химических элементов в качестве первоначального эталона было использовано месторождение Сунгун и, прежде всего, его зона окисления. На рис. 7, 8 приведены взаимоперпендикулярные разрезы строго меридионального (рис. 7) и широтного простираний (рис. 8, точка пересечения - скв. 25).

В табл. 1 приведены средние содержания типоморфных для медно-молибденовых месторождений элементов-индикаторов в ЗВ и ЗВО, рассчитанные по кернам буровых скважин, пересекающим обе эти зоны в разрезах 5 и В (рис. 7, 8).

Располагая приведенные в табл. 1 элементы-индикаторы в порядке возрастания порядковых номеров, получим следующий эмпирический ряд гипергенной миграционной подвижности химических элементов, где слева направо

происходит уменьшение миграционной подвижности химических элементов в зоне окисления исследованного медно-молибденового месторождения: **Cu-Co-Pb-Sb-Zn-Mo-Ni-W-Mn-Bi-Ba-V-Li-As-Sn**. На основе полученного ряда был составлен мультипликативный коэффициент  $\frac{Ba \cdot Sn \cdot As \cdot Bi \cdot Mn \cdot W}{Cu \cdot Co \cdot Ni \cdot Zn \cdot Mo \cdot Sb}$ , величина которого

количественно отражает интенсивность выщелачивания подвижных в зоне окисления элементов и, прежде всего, меди, в процессе гипергенного перераспределения химических элементов в зоне окисления медно-молибденовых месторождений. Используя ЗВО месторождения Сунгун как эталон, по величине приведенного выше коэффициента были оценены примерные масштабы зон вторичного обогащения ряда рудопроявлений и геохимических аномалий. К настоящему времени, бурением проверены только две рекомендации: в обоих случаях рекомендации подтверждены, что может служить стимулом для продолжения этих исследований, как для совершенствования предложенной методики, так и для получения новых данных по апробации разработанной методики в производственных условиях, необходимых для представительной оценки ее надежности.

Таблица 1

Средние содержания химических элементов (г/т)  
в зонах выщелачивания (ЗВ) и обогащения (ЗВО)

Элементы	Разрез-В		Разрез-5		Разрез-В	Разрез-5	Среднее отношение	Порядковые номера элементов
	С(выщ.)	С(обог.)	С(выщ.)	С(обо.г)	С(выщ.) С(обог.)	С(выщ.) С(обог.)		
<b>Cu</b>	2573	8422	2003	6599	0,31	0,30	0,305	<b>1</b>
<b>Co</b>	14	41	9	24	0,35	0,4	0,375	<b>2</b>
<b>Zn</b>	55	83	65	120	0,66	0,54	0,6	<b>5</b>
<b>Mn</b>	261	265	199	268	0,98	0,71	0,845	<b>9</b>
<b>Ni</b>	33	51	30,3	43	0,65	0,71	0,68	<b>7</b>
<b>Mo</b>	54,67	61,67	18,93	45,53	0,89	0,42	0,655	<b>6</b>
<b>Bi</b>	5	5	3	4	1,07	0,71	0,89	<b>10</b>
<b>Ba</b>	380	329	306	373	1,16	0,82	0,99	<b>11</b>
<b>Pb</b>	42	81	61	235	0,52	0,26	0,39	<b>3</b>
<b>Sn</b>	11	6	4	4,4	1,86	0,85	1,355	<b>15</b>
<b>Li</b>	10,3	7	9	0,86	1,49	1,08	1,285	<b>13</b>
<b>V</b>	117	124	121	108	0,95	1,12	1,035	<b>12</b>
<b>As</b>	68	50	79	64	1,38	1,22	1,3	<b>14</b>
<b>Sb</b>	17	24	24	50	0,72	0,49	0,605	<b>4</b>
<b>W</b>	13	20	10	13	0,68	0,79	0,735	<b>8</b>

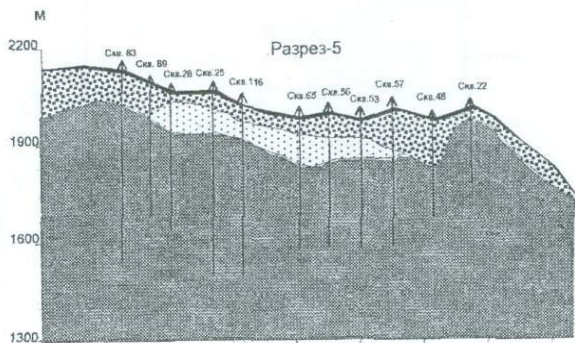


Рис. 7. Разрез через месторождение Сунгун

100 0 100 200м  
 [Pattern] Зона окисления [Pattern] Зона обогащения [Pattern] Зона гипогенных руд

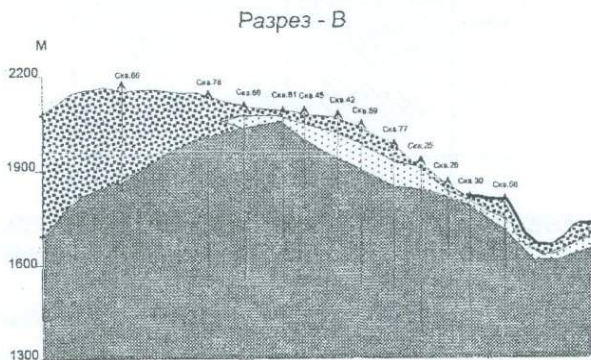


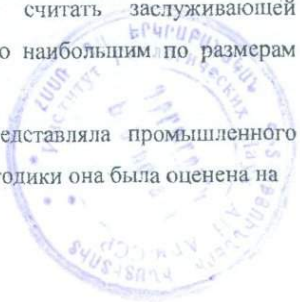
Рис. 8. Разрез через месторождение Сунгун

100 0 100 200м  
 [Pattern] Зона окисления [Pattern] Зона обогащения [Pattern] Зона гипогенных руд

Надежность использования рассмотренной выше методики проверена на двух аномалиях рудопровяления Сонаджил (рис. 9), расположенном в Сунгунском рудном районе. На этом участке, в результате геохимического опробования элювиально-делювиальных отложений по сети 100x100 м, был выявлен ряд аномалий. Геохимическая оценка этих аномалий позволила считать заслуживающей дальнейшего изучения только аномалию 1, признанную наибольшим по размерам верхнерудным ореолом рудного тела с бедными рудами.

Очевидно, что аномалия 1 без ЗВО не представляла промышленного интереса, в связи с этим, с помощью описанной выше методики она была оценена на возможное наличие ЗВО.

1964



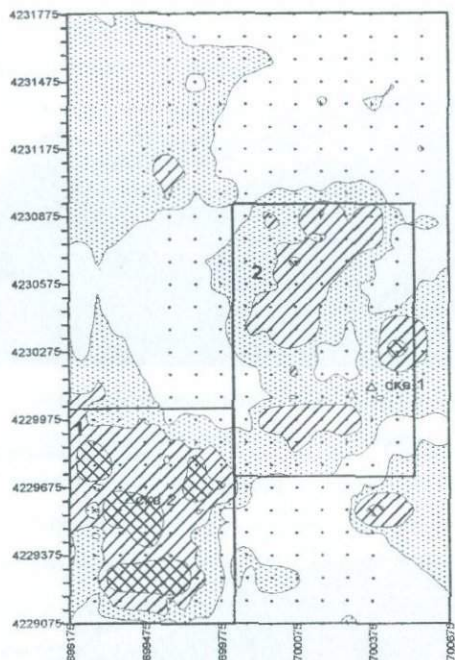


Рис.9. Вторичные ореолы рассеяния меди (участок Сонаджил).

200-400 г/м  
 400-1000 г/м  
 1000-5182 г/м  
 - точки отбора проб,   Δ скв.1 - буровые скважины

Для оценки вероятности наличия на глубине скрытой ЗВО аномалии 1, была составлена карта распределения величин приведенного выше коэффициента, из которой однозначно следует, что величина коэффициента во всех пробах существенно не превышает фоновых значений эталонного месторождения Сунгун. На этом основании перспективы аномалии 1 на скрытую ЗВО были оценены отрицательно. Для проверки была пробурена одна скважина, которая полностью подтвердила данную оценку: были обнаружены бедные руды при отсутствии ЗВО (рис. 10). Аналогичным образом, аномалия 2 (рис. 9) также была признана бесперспективной, представленной зоной рассеянной минерализации (ЗРМ). Расчет по пробам почв величин коэффициента ЗВО также показал отсутствие в пределах этой аномалии ЗВО. Несмотря на однозначно отрицательную геохимическую оценку, в пределах этой аномалии была пробурена одна скважина (рис. 9) для проверки геофизической аномалии (метод вызванной поляризации), полностью подтвердившая геохимическую оценку.

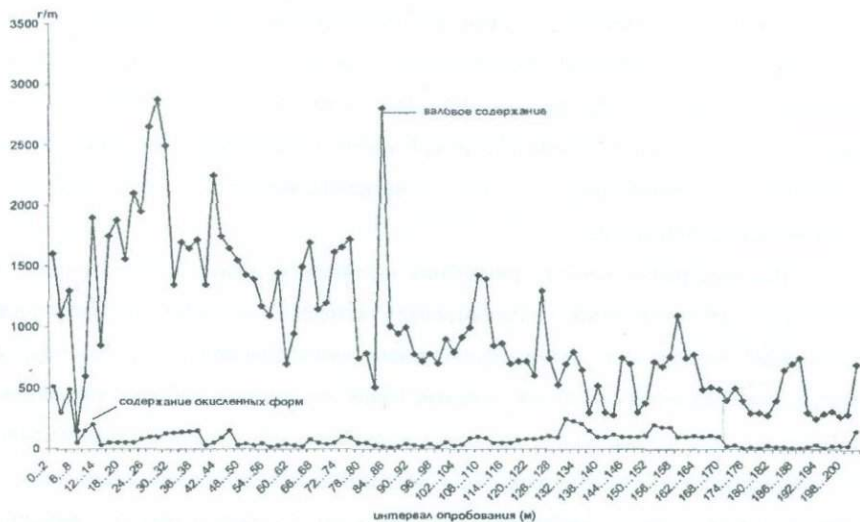


Рис. 10. График распределения содержаний меди

## ГЛАВА IV

### МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

#### 1. Определение формационной принадлежности литогеохимических аномалий

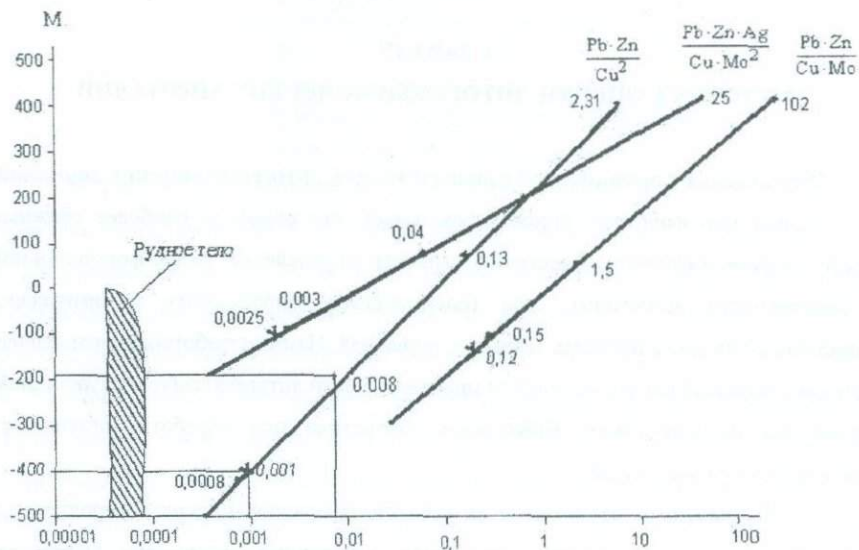
Опыт геохимических поисков показывает, что одной из наиболее сложных задач поисков скрытого оруденения является определение рудно-формационной принадлежности выявленных при геохимическом опробовании геохимических аномалий, особенно в пределах закрытых площадей. Нами разработана оригинальная методика определения формационной принадлежности литогеохимических аномалий, основанная на применении байесовской статистики при обработке результатов анализа геохимических проб.

Поставленная задача решается на основе сравнения априорных вероятностей распределения в геохимических аномалиях содержаний химических элементов-индикаторов эталонных месторождений, с апостериорными вероятностями, полученными измерениями этих величин в опознаваемой геохимической аномалии.

## 2. Оценка уровня эрозионного среза литогеохимических аномалий

В качестве критерия оценки уровня эрозионного среза геохимических аномалий используется осевая геохимическая зональность первичных ореолов (вертикальная – в случае крутопадающего оруденения). Для этой цели рекомендуется использование приведенных выше мультипликативных коэффициентов геохимической зональности.

Важным направлением применения на практике критерия геохимической зональности представляется разработанная автором методика своеобразной “утилизации” результатов ранее проведенного геохимического опробования, с применением различных методов анализа проб на разные наборы элементов-индикаторов. Для иллюстрации большого практического значения предлагаемой актуализации критерия зональности, ниже рассматривается пример подобных работ, выполненных автором по материалам геохимических поисков в районе Сонаджил (Иран).



1. ● 2. x 3. 0,25

Рис.11. Графики величин мультипликативных коэффициентов геохимической зональности. 1 – точки месторождения Сунгун (модель); 2 – точки Аномалии 1 (Сонаджил); 3 – величина коэффициента зональности.

Геохимические пробы, отобранные ранее в пределах этой площади по сети 100x100 м, были проанализированы только на три элемента: медь, свинец и цинк. Для этих элементов, на основе приведенного выше ряда зонального отложения элементов-индикаторов, был рекомендован коэффициент  $Pb*Zn/Cu^2$ .

Как следует из рис. 11, контрастность этого коэффициента существенно ниже других. Тем не менее, этот коэффициент был использован для оценки результатов геохимического опробования площади Сонаджил, поскольку отобранные на этой площади пробы на другие элементы не были проанализированы. С помощью выбранного для этой площади коэффициента зональности ( $Pb*Zn/Cu^2$ ) было установлено, что из шести аномалий перспективной (слабо эродированной) является только аномалия 1.

Выполненный после этой оценки анализ проб этой аномалии на более широкий круг элементов позволил построить для этой аномалии приведенные на рис. 11 новые коэффициенты с большим числом элементов.

Как видно, данные других, более надежных коэффициентов полностью подтверждают оценку, данную с помощью коэффициента  $Pb*Zn/Cu^2$ , что служит достаточным обоснованием практической целесообразности предложенной “утилизации” результатов ранее проведенных геохимических съемок с контролем признанных перспективными аномалий, путем повторного опробования этих аномалий и использования для их интерпретации результатов новейших геохимических эталонов.

### 3. Оценка зон вторичного сульфидного обогащения

Важнейшим компонентом комплексной количественной оценки литогеохимических аномалий при поисках медно-молибденовых месторождений представляется определение вероятности наличия на глубине зон вторичного обогащения подлежащей оценке литогеохимической аномалии, а также масштабов этих зон.

Для решения этой проблемы рекомендуется включение в методику оценки медно-молибденовых аномалий способа оценки зон вторичного обогащения, разработанного нами и подробно описанного в Главе 3, основанного на

использовании дифференциальной гипергенной подвижности элементов-индикаторов медно-молибденового оруденения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований, проведенных нами, можно сделать следующие основные выводы:

1. Выполненные по теме диссертационной работы исследования позволили на базе представительных данных предложить рациональный комплекс литогеохимических методов поисков скрытых и слабозеродированных медно-молибденовых месторождений.

2. Важные в научно-методическом, особенно в практическом отношении, результаты получены путем изучения первичных геохимических ореолов Каджаранского месторождения – одного из уникальных медно-молибденовых месторождений мира. Установлено, что рудные тела этого месторождения сопровождаются по размерам, существенно превосходящими соответствующие рудные тела, первичными геохимическими ореолами широкого круга химических элементов – типоморфных индикаторов медно-молибденового оруденения (Cu, Mo, Pb, Zn, Ag, Sn, W, Ni, Co и др.)

3. Сравнительное изучение особенностей состава и пространственного распределения химических элементов позволило выявить в строении первичных геохимических ореолов отчетливую вертикальную геохимическую зональность, которая проявляется в закономерном сдвиге по вертикали друг относительно друга ореолов отдельных элементов-индикаторов. Выделяются верхнерудные (Pb, Zn, Ag), среднерудные (Cu, Mo) и нижнерудные (Sn, W, Ni, Co) элементы-индикаторы.

4. Совмещение рассчитанных по месторождению Каджаран величин “сквозного” для ряда известных (эталонных) медно-молибденовых месторождений коэффициента вертикальной геохимической зональности  $(Pb \cdot Zn / Cu \cdot Mo)$  с обобщенным графиком вертикальной зональности месторождений медно-молибденовой формации (Григорян, 1998) подтверждает проявление количественно единой вертикальной геохимической зональности в строении первичных геохимических ореолов месторождения Каджаран.

5. Разработан способ идентификации формационной принадлежности литогеохимических аномалий по особенностям частотного распределения содержаний элементов-индикаторов на основе байесовской статистики. Составленные при разработке этой методики таблицы априорных вероятностей (частотей) имеют самостоятельное методическое и практическое значение: они могут быть использованы не только при геохимических поисках медно-молибденовых, но и других, характерных для Армении типов рудных месторождений.

6. При разработке рационального комплекса литогеохимических методов поисков медно-молибденовых месторождений установлена высокая эффективность применения способов построения различных модификаций интегральных ореолов: мультипликативные геохимические ореолы обладают более значительными размерами и интенсивностью (по сравнению с моноэлементными) и, по этой причине, более надежны для практического применения. Они отличаются от моноэлементных более однозначной пространственной связью с рудными телами.

7. По результатам сопряженного геохимического опробования рудоносных коренных пород и перекрывающих их почв и почвообразующих рыхлых отложений:

- составлен ряд гипергенной подвижности элементов-индикаторов медно-порфирового оруденения, который, в целом, совпадает с обобщенным рядом гипергенной подвижности элементов-индикаторов сульфидсодержащих гидротермальных месторождений (Григорян, 1974);

- выявлена возможность фиксации перекрытых рыхлыми отложениями (мощностью до 4м) рудных тел и месторождений по вторичным литогеохимическим ореолам рассеяния элементов-индикаторов;

- установлено, что пространственная корреляция первичных и вторичных ореолов является более тесной для мультипликативных модификаций ореолов.

8. На основе ряда гипергенной подвижности элементов-индикаторов медно-молибденового оруденения разработана методика поисков и оценки скрытых зон вторичного обогащения медью, основанная на применении мультипликативного коэффициента идентификации зон вторичного обогащения (отношение произведений содержаний инертных и подвижных в зоне окисления элементов-индикаторов оруденения).

9. Разработанные в результате литогеохимического моделирования медно-молибденовых месторождений и рудопроявлений критерии оценки геохимических аномалий были оперативно использованы для оценки ряда литогеохимических аномалий. К настоящему времени, буровыми работами проверены три рекомендации, и для всех трех геохимические оценки подтвердились, что свидетельствует о высокой надежности разработанных критериев.

## Ա Մ Փ Ո Փ Ու Մ

Հետազոտությունների արդյունքում կատարված են հետևյալ հիմնական եզրակացությունները.

1. Ատենախոտության բեմայով կատարված հետազոտությունները բույլ են տվել առաջարկել բաքնված և բույլ հողմնահարված պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրերի որոնման լիթոերկրաքիմիական մեթոդների ռացիոնալ կոմպլեքս:
2. Պարզված է, որ Քաջարանի հանքավայրի հանքային մարմինները ուղեկցվում են իրենցից զգալիորեն մեծ չափսեր ունեցող առաջնային երկրաքիմիական եզրապսակներով:
3. Զիմիական տարրերի կազմի և տարածական տեղաբաշխման համեմատական ուսումնասիրությունը բույլ է տվել առանձնացնել առաջնային պսակների կառուցվածքում ակնհայտ ուղղահայաց գոտիականություն: Առանձնացված են վերհանքային (Pb, Zn, Ag), միջին հանքային (Cu, Mo) և ենթահանքային (Sn, W, Ni, Co) տարր-ցուցիչներ:
4. Քաջարանի հանքավայրում հաշված ուղղահայաց գոտիականության գործակցի մեծությունների համադրումը պղինձ-մոլիբդենային ֆորմացիայի հանքավայրերի նույն գոտիականության գործակցի ( $Pb \times Zn / Cu \times Mo$ ) մեծությունների ընդհանրացված գրաֆիկի հետ հաստատել է Քաջարանի հանքավայրի եզրապսակների կառուցվածքում քանակապես միասնական ուղղահայաց երկրաքիմիական գոտիականության գոյությունը:

5. Մշակված է լիթոերկրաքիմիական անոմալիաների ֆորմացիոն պատկանելիության նույնականացման մեթոդ՝ հիմնված քիմիական տարրերի պարունակությունների տեղաբաշխման հաճախությունների առանձնահատկությունների վրա՝ օգտագործելով Բայեսի վիճակագրությունը:

6. Պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրերի որոնմաների լիթոերկրաքիմիական ռացիոնալ կոմպլեքսի մշակման ժամանակ բացահայտված է տարբեր մոդիֆիկացիայի եզրապասակների կիրառման քարձր էֆեկտիվությունը. մոլտիպլիկատիվ պասակները ունեն առավել մեծ չափսեր և ինտենսիվություն ու այդ պատճառով ավելի հոսալի են գործնական կիրառության մեջ, առավել սերտ են կապված հանքային մարմինների հետ:

7. Ըստ հանքներփակող արմատական ապարների և նրանց ծածկող փխրուն նյութի ու բնահողի համաժամանակյա երկրաքիմիական նմուշարկման.

- կազմված է պղինձ-պորֆիրային հանքայնացման քիմիական տարր-ցուցիչների հիպերզեն շարժունակության շարքը

- ի հայտ է բերված փխրուն նյութով և բնահողով ծածկված (հզորությունը 4մ) հանքայնացման հայտնաբերման հնարավորությունը երկրորդային ցրման երկրաքիմիական եզրապասակներով,

8. Պղինձ-մոլիբդենային հանքայնացման տարր-ցուցիչների հիպերզեն շարժունակության շարքի հիման վրա մշակված է պղնձի երկրորդային սուլֆիդային հարստացման ծածկված գոտիների որոնման և գնահատման մեթոդ:

9. Պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրերի և երևակումների մոդելավորման արդյունքում երկրաքիմիական անոմալիաների մշակված չափորոշիչները օպերատիվորեն կիրառվել են մի շարք լիթոերկրաքիմիական անոմալիաների գնահատման համար:

#### Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Арутюнян М.А., Саркисян С.П., Оганесян А.Е. Пространственное размещение ореолов филлизитизации на Каджаранском месторождении и места локализации в них медно-молибденового оруденения. Тезисы

докладов конференции, посвященной памяти Симона Ачикгезяна. Ереван, 2001г., с. 23.

2. **Таян Р.Н., Саркисян С.П., Арутюнян М.А., Оганесян А.Е.** Геолого-структурные особенности размещения медно-молибденового оруденения Каджаранского месторождения. Материалы Научной сессии, посв. 90-летию С.А.Мовсесяна. Ереван, 2002, с.32-44.
3. **Григорян С.В., Оганесян А.Е.** Об актуализации критериев оценки лито-геохимических аномалий. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2004, № 1, с. 25-29.
4. **Григорян С.В., Оганесян А.Е., Адамян А.З.** Методика идентификации формационного типа литогеохимических аномалий с применением Байесовской статистики. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2004, № 3, с.16-22.
5. **Таян Р.Н., Арутюнян М. А., Оганесян А.Е.** К вопросу размещения медно-молибденовой и золото-полиметаллической рудных формаций Южного Зангезура и возможности идентификации рудопроявлений по элементам-примесям в пиритах. Изв. НАН РА, Науки о Земле, 2005, № 3, с.17-25.
6. **Оганесян А.Е.** О вертикальной геохимической зональности Каджаранского медно-молибденового месторождения. Изв.НАН РА, Науки о Земле, 2006, № 1, с.33-36.



1964