

ЕРЕВАНСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

К.Р.ВАРДАНЯН

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ МОДА В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕМЕНТА-ИНДИКАТОРА
ДЛЯ ПОИСКОВ "СЛЕПЫХ" РУДНЫХ ТЕЛ НА ПРИМЕРЕ НЕ-
КОТОРЫХ МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЯНСКОЙ
С С Р

Специальность 04I2I - геохимия

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Ереван - 1971

ЕРЕВАНСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

К.Р. ВАРДАНИЯ

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ
ПРИМЕНЕНИЯ ИОДА В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕМЕНТА-ИНДИКАТОРА
ДЛЯ ПОИСКОВ "СЛЕПЫХ" РУДНЫХ ТЕЛ НА ПРИМЕРЕ НЕ-
КОТОРЫХ МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЯНСКОЙ
С С Р

Специальность 04121 - геохимия

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Ереван - 1971



1308

Ереванский государственный университет направляет Вам автореферат диссертации К.Р.Варданяна на тему: "Теоретическое обоснование возможности применения йода в качестве элементарного индикатора для поисков "слепых" рудных тел на примере некоторых медноколчеданных месторождений Армянской ССР", представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Работа выполнена в Управлении геологии Совета Министров Армянской ССР.

Официальные оппоненты:

Академик АН АрмССР доктор геолого-минералогических наук, профессор И.Г.Магакьян.

Кандидат геолого-минералогических наук П.М.Каплагян.

Диссертация направлена на отзыв в Научно-исследовательский горнометаллургический институт.

Автореферат разослан "18" сентября 1971 г.

Защита диссертации состоится в III дек. IV 1971 г. на заседании Объединенного совета по присуждению ученых степеней геологического и географического факультетом Университета.

С диссертацией можно ознакомиться в кабинете научных работников Университета.

Ваш отзыв (в двух экземплярах, с заверенной подписью) просим прислать по адресу: г.Ереван-49, ул.Мравяна I, Ереванский государственный университет.

Ученый секретарь
Совета Университета

Г.М.Мнацаканян

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа посвящена одной из основных задач теоретической и прикладной геохимии - увеличению глубинности лито-геохимических поисков рудных месторождений по их эндогенным геохимическим ореолам.

Целью данных исследований было выяснение характера эндогенных геохимических ореолов вокруг известных медноколчеданных месторождений и отдельных рудных тел и закономерностей их расположения в пространстве относительно источников рассеяния, а также разработка геохимических критериев для поисков "слепых" или глубокопогребенных месторождений и рудных тел на территории Армянской ССР.

В основу указанной работы легли материалы геохимической партии Комплексной экспедиции Управления геологии Совета Министров Армянской ССР, которая совместно с ВИТРОм (до 1964 г.) производила опытно-методические и опытно-производственные работы на главнейших медноколчеданных месторождениях Армянской ССР (Шамлугском, Карнутском и Кафанском), расположенных в Алаверди-Кафанской мегаантиклинальной тектонической зоне.

Изучением эндогенных геохимических ореолов Кафанского, Шамлугского и Ахтальского месторождений занимались Ю.А.Лейе, Л.В.Оганесян (1956 г.), С.У.Варданян (1960 г.) и Св.С.Мкртчян (1963 г.). В результате ими была доказана принципиальная возможность использования выявленных ореолов для поисков "слепых" медноколчеданных рудных тел и роль структурного фактора для локализации геохимических ореолов.

В истории геохимической изученности территории республики особое место занимают тематические работы, проведенные отделом геохимии ВИТРа под руководством М.А.Лаппа и Б.А.Судова (тема № 338) в период с 1961 по 1964 г. Фактически они впервые в мировой практике в качестве элементов-индикаторов для обнаружения "слепых" рудных тел использовали элементы "широкого" рассеяния - йод, бром и другие галогены.

В 1963 г. и частично в 1965 г. геохимические ореолы Алавердского рудного района изучались сотрудниками ИМГРЭ при бывшем Геохимическом тресте. Около медноколчеданных и колчеданно-полиметаллических рудных тел всех изученных месторождений в корен-

ных породах, рыхлых отложениях и почвах устанавливаются отчетливые геохимические ореолы ряда элементов, большинство которых входит в состав руд.

В период работы над темой автором были обработаны материалы по документации более 5134 естественных обнажений, около 1565 м поверхностных горных выработок (канав, шурфов), более 14885 п.м подземных горных выработок (штолен, штреков, ортов), 28475 п.м керн буровых скважин. Всего отобрано 11000 точечных геохимических проб. Обобщены результаты около 5250 приближенно-количественных и 250 количественных спектральных анализов предыдущих исследователей, составлено 15 карт эндогенных геохимических ореолов, 14 геолого-геохимических разрезов, большое количество схем, диаграмм, графиков и разрезов.

Отобранные геохимические пробы для каждого месторождения в отдельности и для каждой разновидности пород, слагающих данное месторождение, были обработаны методом математической статистики. Были определены фоновые ("Сф") и минимально-аномальные содержания ("Са") и стандартный множитель ("Е").

Интерпретация результатов исследований производилась обязательно с учетом геологических данных по отдельным месторождениям.

Определение йода в горных породах и минералах производилось по методике, разработанной в ВИТРе А.Д.Миллером и Л.А.Шнейдер, которая отличалась от ранее принятой высокой производительностью, достаточной чувствительностью, простотой исполнения и возможностью применения в полевых условиях. Возможная ошибка анализа при содержаниях йода 0,2 мкг/г составляет 100%, при содержаниях от 0,2 до 1,0 мкг/г - 30%, при содержаниях больше 1 мкг/г - 15%.

Методические исследования проводились согласно существующей в настоящее время инструкции (1965 г.) по геохимическим методам поисков.

Результаты исследований и необходимые методические рекомендации к ним неоднократно докладывались на различных совещаниях в Ереване в 1962, 1963, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969 и 1970 гг., в Душанбе в 1967 г., в Ессентуках в 1968 г., Дашкесане в 1969 г. и на заседаниях Ученого совета ВИТР и НТС Управления геологии

Совета Министров Армянской ССР.

Работа, помимо аннотации, предисловия и заключения, состоит из 6 глав и изложена на 205 страницах машинописного текста и сопровождается 37 фотоиллюстрациями и 30 таблицами. Список использованной литературы насчитывает 97 наименований.

В полевых работах принимали участие Л.С.Карсецян и Э.Г.Харатян. Определение содержаний йода в пробах произведено М.П.Мусае-
лян; спектральные анализы выполнены К.А.Семерджяном.

Как полевые работы, так и камеральная обработка материалов производились под руководством и при непосредственном участии автора настоящей работы.

В процессе работ сотрудники ВИТРа - доктор геолого-минералогических наук Н.И.Сафонов, руководитель темы № 338 М.А. лапп и технорук партии кандидат географических наук Б.А.Судов оказывали автору постоянную помощь в виде консультаций по целому ряду вопросов.

Такую же ценную консультацию автор получал от сотрудников Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов кандидата геолого-минералогических наук С.В.Григоряна, Э.Н. Баранова и др.

Автор постоянно пользовался содействием и ценными советами начальника Управления геологии Совета Министров Армянской ССР, кандидата геолого-минералогических наук Э.Х.Гуляна, главного инженера Управления Н.С.Хачатряна, главного геолога Управления Л.Г.Тер-Абрамяна, начальника отдела металлов Г.М.Арсеняна, начальника Комплексной экспедиции, кандидата геолого-минералогических наук К.А.Мкртчяна, главного инженера экспедиции М.А. Аракеляна.

Всем указанным лицам, оказавшим помощь в работе, автор выражает свою глубокую признательность.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОСТАНОВКИ ИССЛЕДОВАНИЙ И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ГАЛОГЕНОВ

Теоретическим обоснованием постановки исследований послужили представления В.И.Вернадского о микрокосмическом рассеянии элементов.

В.И.Вернадский выделяет йод в качестве типичного представи-

теля элементов, для которых состояние микрокосмического рассеяния должно быть основной формой существования в природных условиях. В то же время, из его представлений о микрокосмическом рассеянии следует, что элементы, находящиеся в этом состоянии, могут, подобно газам, обладать относительно высокой подвижностью в земной коре и, соответственно, быть определены на дальних подходах к источнику рассеяния.

А.Е.Ферсман микрокосмическое рассеяние элементов называет дисперным.

Развивая идею В.И.Вернадского и А.Е.Ферсмана о повсеместном рассеянии элементов, Н.И.Сафронов пришел к выводу о возможности практического применения явления микрокосмического рассеяния в поисковых целях. Он, принимая за основу величины ионных потенциалов, разграничил элементы Менделеевской таблицы на зоны: внутреннюю и внешнюю (дальнюю). Внутреннюю зону в свою очередь разделил на ближнюю и среднюю.

В ближней и средней зонах размещены в основном рудообразующие элементы и их спутники. Для поисковых целей наибольший интерес представляют элементы дальней зоны, которые он называет элементами широкого рассеяния. Наиболее интересными элементами этой группы являются галоиды — главным образом йод и бром.

Среди элементов, склонных к "широкому" (по Н.И.Сафронову) рассеянию, наиболее благоприятным для целей исследования и наиболее изученным является йод. Хотя в природе и известны соединения (минералы) йода и изоморфная примесь его в минералах, подавляющая масса йода находится в рассеянном состоянии в совершенно чуждых для него по химическим и кристаллохимическим свойствам минералах. Такие качества йода обусловлены его весьма большим ионным радиусом ($2,20 \text{ \AA}$) и низким ионным потенциалом ($0,45$).

Кларки йода для некоторых типов изверженных пород (ультраосновные, средние) вычислены по данным единичных определений. Менее ясно поведение йода в осадочных породах. Содержание его в различных осадочных породах на один математический порядок выше, чем в породах изверженной и метаморфической серий.

К ВОПРОСУ О ФОРМЕ НАХОЖДЕНИЯ ЙОДА В ГОРНЫХ ПОРОДАХ И МИНЕРАЛАХ

Формы нахождения элементов в состоянии микрокосмического рассеяния пока окончательно неизвестны. Значительное число элементов присутствует в земной коре, главным образом, в виде молекулярных группировок в минералах, необходимой составной частью которых они являются. Большое количество других элементов, из числа рассеянных, находится в состоянии изоморфного замещения.

Изучением вопроса о форме нахождения йода в эндогенном ореоле занимались А.Д.Миллер и другие исследователи. По их мнению йод, генетически связанный с оруденением, находится, главным образом, в подвижной форме в растворах, заполняющих капилляры и микротрещины, и в слабо сорбированном состоянии так же, как и другие рудные компоненты.

К решению этого вопроса мы подошли путем непосредственного определения содержаний йода в породах, а также в рудных и жильных мономинералах.

В табл. I показаны особенности распределения йода в исходной пробе, в искусственном шлихе, в тяжелой и легкой фракциях, а в табл. 2 - в рудных и жильных минералах.

Таблица I

№ проб	Содержание йода в мкг/г			
	Исходная проба	Искусствен- ный шлик	Тяжелая фракция	Легкая фракция
I3001	0,12	0,36	0,24	0,16
I3008	0,08	0,28	0,20	0,08
I3009	0,18	0,20	0,12	0,06
I3010	0,16	0,16	0,12	0,08
I3011	0,20	0,12	0,24	0,16
I3014	0,08	0,16	0,12	0,08
I3015	0,16	0,20	0,26	0,12

Таблица 2

№ проб	Содержание йода в мкг/г в минералах				
	Пирит	Халько- пирит	Кварц	Кальцит	Гипс
I3200	0,12	0,08	0,04	0,04	-
I3202	0,24	0,20	0,10	0,08	-
I3204	0,16	0,12	0,06	-	0,02
I4912	0,12	0,10	-	0,04	-
I4938	0,18	0,24	0,08	0,04	0,02
I4992	0,24	0,18	0,06	0,08	0,04
I5128	0,28	0,20	0,08	-	-
I5215	0,16	0,16	0,12	0,04	0,02

Как видим, основная часть йода сконцентрирована в тяжелой фракции шлиха, главными носителями которого являются пирит и халькопирит (табл.2).

Объясняется это тем, что из растворов в процессе рудообразования раньше всего образовались рудные минералы, в данном случае пирит и халькопирит, а остаток подвижного блуждающего йодид-иона в растворе, который еще не успел улетучиться в виде фумарол, сперва накапливается в рудных минералах, а затем в нерудных. Таким образом, и сравнительно высокие содержания йода в пирите объясняются тем, что он образовался раньше, чем халькопирит и другие минералы.

Установленная нами последовательность выделения минералов по содержанию в них йода (пирит-халькопирит-кварц-кальцит-гипс) подтверждается данными микроскопических исследований шлифов.

Таким образом, в отличие от рудообразующих элементов йод с окончанием процесса рудообразования, по-видимому, остается в остаточном растворе, отличающемся по составу от первоначального. Этот раствор и является источником йода, причем перемещение его, вероятно, осуществляется при инфильтрации раствора во вмещающие горные породы и путем диффузии. Этим, по-видимому, объясняется способность йода образовывать ореолы "широкого" рассеяния по сравнению с рудообразующими элементами.

ОСОБЕННОСТИ ЭНДОГЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ
ОРЕОЛОВ ГЛАВНЕЙШИХ МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ

Медь, имеющая повсеместное распространение в рудных районах республики, определяет собою главнейшую специфику металлогении Армении. В известной мере она характеризует также геохимическую специализацию рассматриваемой области Малого Кавказа.

**Эндогенные геохимические ореолы
Шамлугского месторождения меди**

Месторождение сложено породами юрского возраста. В нижних частях разреза залегают порфириды дебедской свиты, которые переходят в перекрывающие их туфобрекчии порфиритов кошабердской свиты. Последние перекрываются породами кератофирового горизонта. На них с незначительным угловым несогласием залегают туфоосадочные породы.

Указанные породы на участке месторождения прорваны пластообразными силлами альбитофиров.

В структурном отношении месторождение расположено на северном крыле Алавердского антиклинория.

Промышленное оруденение локализовано на площади около 3 кв. км. В пределах месторождения известно около 70 рудных тел, значительная часть которых отработана. Рудные тела нигде не вскрыты эрозией и расположены на глубине от 20 до 700 м от поверхности. Большинство рудных тел представлено пластообразными залежами (штоками, линзами) и жилами.

Вещественный состав руд довольно однообразен. Главными рудными минералами являются пирит, халькопирит, менее развиты сфалерит, галенит, блеклая руда, отмечаются борнит, гематит, магнетит и рутил. Кроме перечисленных минералов, встречаются самородное золото, серебро, аргентит, станнин и молибденит. Из нерудных широко развиты кварц, серицит, хлорит, барит, кальцит, анкерит, сидерит, гипс.

Изучение эндогенных ореолов на Шамлугском месторождении проводилось в два этапа:

а) опытно-методический этап. Отбор проб был произведен по 4 поверхностным профилям, по керну 60 буровых скважин, по 21 горизонтальной горной выработке и на поверхности над извест-

ным штоком "Д". При этом особое внимание было уделено изучению вещественного состава, минералого-геохимическим особенностям руд и геохимических ореолов рассеяния различных морфологических типов руд в подземных горных выработках;

б) после получения положительных результатов была проведена площадная геолого-геохимическая съемка производственного характера (второй этап исследований) в м-бе 1:5000 на площади 2,3 кв. км.

В результате этих исследований была составлена карта эндогенных геохимических ореолов, на которой были выделены выявленные нами 25 аномалий йода, меди и цинка (10 - по йоду, 7 - по цинку и 8 - по меди), из которых 16 аномалий фактически подтвердились наличием скрытых рудных тел медноколчеданного и полиметаллического оруденения штокверкового и жильного типов, расположенных на глубине от 100 до 700 м. Остальные 9 аномалий, по всей вероятности, должны быть связаны с конкретными, пока еще не вскрытыми, рудными телами, расположенными на глубине.

Формированию эндогенных ореолов Шамлугского месторождения меди способствовало наличие тектонического нарушения широтного простирания (аз.пр.100°, угол падения 75°), мощностью 1,5 м. Именно вдоль этого нарушения и обнаруживаются отдельные ореолы йода, меди и цинка. Указанный разлом, по-видимому, является рудоконтролирующей структурой, вокруг которой и развиваются аномалии йода, цинка и меди. Помимо этого, формированию ореолов йода, цинка и меди благоприятствовало также наличие пологих экранов туфогенных песчаников и альбитофиров.

И, наконец, последним, самым главным фактором, благоприятствующим формированию эндогенных ореолов, послужило наличие скрытых пологопадающих и крутопадающих штокообразных и жильных рудных тел.

Таким образом, формированию эндогенных ореолов йода, цинка и меди на Шамлугском месторождении меди благоприятствовали все три основных фактора (гидротермальный, структурный и литологический).

Характерной особенностью этих ореолов является их тесная пространственная и, по-видимому, генетическая связь с гидротермально измененными оклорудными породами. При сопоставлении

пространственного положения зон околорудного изменения пород с ореолами основных элементов-индикаторов отмечается, что последние обычно выходят за пределы макроскопически выделяемых гидротермально измененных пород. Однако, при более детальных микроскопических и химических исследованиях пород, несущих аномальные концентрации элементов, отмечаются признаки их гидротермального изменения. Это позволяет утверждать, что геохимические ореолы и зоны гидротермально измененных пород пространственно совпадают. При этом, в распределении большинства элементов-индикаторов в ореолах не удается выявить какую-либо зависимость от типа изменения пород, хотя Э.Н. Баранов отмечает, что ореолы ванадия на Шамлугском месторождении развиваются в тесной связи с проявлениями хлоритизации и отсутствуют в зонах кварц-серицитового изменения.

На генетическую связь ореолов с околорудными гидротермальными изменениями пород указывает то обстоятельство, что основная масса концентрации элементов-индикаторов связана с новообразованными минералами (серицитом, хлоритом, кварцем и др.). Здесь уместно упомянуть о взаимосвязи формы и размеров эндогенных ореолов с соответствующими им рудными телами.

Аномалии западного фланга резко отличаются по форме от аномалий восточного фланга. Если в первом случае мы наблюдаем аномалии сложной, изрезанной, но в основном овальной формы, то на восточном фланге преобладают ореолы линейной формы, вытянутые в широтном направлении. Это обстоятельство обусловлено морфологией самих рудных тел, распространенных на этих участках. Известно, что в центральной части и на западном фланге преобладают пологопадающие рудные тела штокообразной и линзовидной форм, в то время, как на восточном фланге распространены крутопадающие, секущие медноколчеданные рудные тела.

Вычислены отношения площадей известных рудных тел, расположенных на глубине до 300 м, к площади соответствующих им аномалий на поверхности. Для штокеркового типа оруденения отношение по йоду равно 1:2, для жильного типа по йоду - 1:45, по цинку - 1:23 и по меди - 1:12.

Подсчитаны для Шамлугского месторождения меди первые градиенты концентраций: для цинка он составляет $1,2 \times 10^{-5}$, для меди -

$6,7 \times 10^{-5}$ на каждый метр.

С целью изучения характера распределения йода и рудообразующих элементов по восстанию, геохимическому опробованию (каротажу) был подвергнут керн 60 буровых скважин. Ниже приводятся результаты по двум проверочным скважинам 38I и 405.

Скважина № 38I в толще интенсивно окварцованных андезитовых порфиритов, на интервалах 660 и 690 м пересекла две зоны прожилково-вкрапленного медного оруденения с промышленным содержанием меди. Предполагается, что пересеченный скважиной первый рудный интервал (660 м) соответствует первому аномальному интервалу йода (0-7 м) у устья скважины, а второй (690 м) - второму аномальному (30 м).

Следующие аномальные интервалы по йоду находятся ниже первых двух на 350 и 400 м.

Принимая за основу указанную закономерность, можно полагать, что продолжение этой скважины вскрыло бы на глубинах 1000-1200 м третью и четвертую рудомосные зоны. По интенсивности йода в ореоле (0,80-0,96 мкг/г) содержание меди в этих зонах должно быть относительно низким.

Следующая проверочная скважина № 405, пробуренная на восточном фланге месторождения, также дала положительные результаты. На интервале 486,5 м она вскрыла в гидротермально измененных порфиритах крутопадающую жилу с промышленным содержанием меди. Первому ореольному интервалу (0-25 м), согласно вышеотмеченной закономерности, соответствует медноколчеданное оруденение, вскрытое на глубине 486,5 м. Для пересечения остальных рудных интервалов необходимо было продолжить бурение скважины до глубины не менее 900-1000 м. По интенсивности содержания йода во втором ореоле (1,89 мкг/г) предполагаемое рудное пересечение должно иметь сравнительно высокое содержание меди.

Таким образом, в результате проведенных работ подтверждается тенденция к преимущественно вертикальному распространению ореолов йода, которые уверенно обнаруживаются в 250-350 м, а иногда в 500-700 м над "слепыми" рудными телами, а в горизонтальном сечении в 50-60 м от рудного тела.

Помимо вышеотмеченных трех ореолообразующих элементов (йода, меди и цинка), в породах и рудах Шамлугского месторождения

меди, по данным полуколичественного спектрального анализа, определены свинец, молибден, олово, кобальт, никель, титан, ванадий, хром, серебро, мышьяк и др. Такой же четкой закономерности распределения этих элементов в ореолах, как по йоду меди и цинку пока не наблюдается.

Эндогенные геохимические ореолы Карнута-ского месторождения меди

Карнутаское медноколчеданное месторождение приурочено к ядру брахиантиклинальной складки, сложенной юрскими вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями.

Наиболее древними породами являются гидротермально измененные порфириты нижнебайосского возраста, развитые в центральной и южной частях месторождения.

В морфологическом отношении месторождение представляет собой общую минерализованную зону в виде большого штокверка, внутри которого выделяются обогащенные медью 6 подзон, мощностью не более 14-15 м.

В минеральном составе рудных тел принимают участие пирит, халькопирит, сфалерит, теннантит, борнит, кварц, кальцит и гипс.

Таким образом, по минеральному и химическому составу Карнутаское месторождение близко к колчеданным месторождениям Алавердского рудного района и характеризуется тем же комплексом рудных элементов (Си, Zn, Pb, Co, Mo, Ba, As и др.).

Геохимические исследования велись в 2 этапа.

С целью проверки возможности внедрения геохимического метода в условиях Карнутаского медноколчеданного месторождения был пройден профиль I-I. На профиле аномалии йода и меди располагаются примерно на продолжении зафиксированных в ядре брахиантиклинальной складки рудных подзон. Полученные данные позволили нам увеличить объем исследований путем постановки опытно-производственных работ (второй этап) в м-бе I:2000 на площади 1,2 кв.км по сети 20x10 м.

В результате геохимической съемки составлена карта эндогенных геохимических ореолов йода, меди и цинка по Карнутаскому месторождению меди. В результате наших исследований всего выявлено 13 аномалий, из которых 6 аномалий подтвердились наличием

"слепых" рудных тел на глубине от 150 до 200 м.

Обобщая вышеизложенное и принимая во внимание общее геологическое строение объекта работ, на наш взгляд, первостепенного внимания заслуживает аномалия № 3 (по меди, цинку и йоду), расположенная на юго-западном фланге месторождения.

Выявленные аномалии в общих чертах имеют сложную, изрезанную форму, сохраняя во внутренних деталях тенденцию к общей вытянутости в северо-западном направлении. Аномалии йода, меди и цинка пространственно накладываются друг на друга, что говорит об их генетической связи. Отсюда следует, что все эти элементы могут рассматриваться как элементы-индикаторы оруденения. Э.Н. Баранов к ним добавляет еще свинец, молибден, мышьяк и барий, фиксирующиеся почти исключительно в рудоносной гидротермально измененной порфиритовой толще.

Кроме йода, меди и цинка спектральным анализом определены в дацитах молибден, барий, галлий; в кварцевых платиопорфирах - молибден, свинец, мышьяк, барий; в туфопесчаниках - молибден, свинец, мышьяк, барий; в гидротермально измененных порфиритах - марганец, свинец, мышьяк, кадмий, барий и др.

Таким образом, на Карнгутском месторождении меди на поверхности в коренных породах выявлены эндогенные геохимические ореолы ряда химических элементов. Из них наиболее четко проявлены и более детально изучены нами ореолы йода, меди и цинка.

Эндогенные геохимические ореолы Кафанского месторождения (рудник 7-10)

Рудник 7-10 расположен на Центральном участке Кафанского поля. В геологическом строении его принимают участие вулканогенные породы средней юры, представленные плагиоклазовыми порфиритами и их туфобрекчиями. На поверхности г.Саядаш обнажаются породы верхней юры, представленные туфопесчаниками, туфами.

Структура рудного поля рудника 7-10 характеризуется наличием трех крупных разломов дорудного характера, оказавши существенное влияние на распределение и локализацию оруденения. Оруденение на руднике представлено двумя типами: штокверковым и жильным.

Главные минералы, резко преобладающие в медных рудах, - халь-

копирит, пирит и кварц; распространенные минералы, встречающиеся в небольших количествах, - борнит, ковеллин, халькозин, энаргит, теннантит, кальцит, серицит, хлорит; минералы, встречающиеся редко, - сидерит, флюорит, золото, третрадимит и гипс.

Детальные геохимические работы были произведены как на поверхности, так и в шести подземных горизонтах соответственно в м-бах I:10000 и I:1000.

Во время подземного опробования нами особое внимание было уделено изучению первичных геохимических ореолов морфологически различных прожилково-вкрапленных и жильных типов руд. Была предпринята попытка выяснить в каких взаимоотношениях находятся величины эндогенных ореолов прожилково-вкрапленных и жильных типов руд, а также возможности нахождения каких-либо дополнительных поисковых критериев для Кафанского рудного поля.

Прожилково-вкрапленные и жильные рудные тела пирит-халькопиритового состава Центрального участка Кафанского месторождения меди нами изучены по простиранию более, чем на 2,5 км, по падению - на 500 м. В результате исследования составлена карта эндогенных геохимических ореолов меди, цинка, молибдена и йода. На поверхности указанные элементы образуют интенсивные обширные, изрезанные эндогенные ореолы, в основном распространенные в южной части опроискованной площади, где обнажаются среднеюрские плагиоклазовые порфириды и их туфобрекчии. Окончательная геохимическая характеристика отдельных ореолов рудообразующих элементов приводится ниже в таблице 3.

Таблица 3

Элементы	Количество		Суммарная площадь аномалий в кв. км	Среднее содержание элементов в % и мкг/г	Минимальное аномальное содержание в % и мкг/г
	горизонтов	аномальных проб			
М е д ь	7	622	0,67	0,33	0,026
Ц и н к	7	590	0,80	0,05	0,038
Молибден	2	214	0,36	0,0025	0,0011
Й о д	1	306	0,62	0,76	0,25

Как следует из таблицы, ореолы рассеяния меди и цинка об-

наружены на всех 7 опробованных горизонтах и особого интереса в смысле определенных выводов относительно отмеченных горизонтов не представляют. В данном случае они являются "сквозными" элементами.

Несравненно больший интерес представляют ореолы рассеяния молибдена, обнаруженные на двух горизонтах (поверхность и горизонт 746 м) и ореолы йода, оконтуренные только на поверхности. Обнаружение первичного ореола молибдена на горизонте 746 м в комплексе с первичными геохимическими ореолами основных рудообразующих элементов - меди и цинка, расширяет перспективность Центрального участка Кафанского месторождения на глубину.

Хотя в настоящее время и трудно судить о составе и морфологии предполагаемого оруденения, однако, учитывая общее зональное строение выявленных ореолов, все же следует ожидать рудные тела аналогичного состава.

Таким образом, на Кафанском рудном поле молибден может служить элементом-индикатором для обнаружения "слепых" рудных тел, расположенных ниже разведываемых горизонтов или же между ними.

В связи с тем, что геохимические ореолы йода обнаруживаются только на поверхности, йод может служить элементом-индикатором для выявления "слепых" рудных тел по данным поверхностного опробования. Отсюда и повышается ценность геохимических свойств элемента широкого рассеяния - галогена для поисков "слепых" рудных тел, по сравнению с остальными ореолообразующими элементами.

В поведении других элементов-индикаторов оруденения наблюдается следующая картина: ореолы на верхних горизонтах, в пределах которых руды богаты борнитом, халькопиритом, энаргитом с примесью сфалерита и другими рудными минералами, обогащаются также мышьяком, свинцом, оловом и барием. Геохимические ореолы на средних горизонтах, где рудные тела представлены преимущественно халькопиритом, отмечаются только по меди и цинку, на самом же нижнем горизонте к ореольным элементам относится и молибден.

Таким образом, изменение минералогического состава руд по телескопическому строению приводит к изменению качественного и количественного составов эндогенных геохимических ореолов.

Резюмируя результаты наблюдений, проведенных на Шамлугском, Карнутском и Кафанском медноколчеданных месторождениях, необхо-

димо отметить, что основные геохимические параметры (фоновые, минимально-аномальные содержания, коэффициенты аномальности), полученные нами на территории Южной Армении, тождественны результатам аналогичных работ, полученным на территории Северной Армении.

Помимо установленного общего геохимического сходства Кафанского и Алавердского рудных районов, наблюдается и некоторое отличие, заключающееся в том, что на Кафанском рудном поле к числу элементов-индикаторов прибавляется молибден, не выявленный на Алавердском рудном поле.

Особенности экзогенных геохимических ореолов рассеяния йода

Развивая идею Н.И.Сафронова об использовании йода для поисков "слепых" рудных тел, нами впервые проведены некоторые исследования по выяснению вопроса о наличии вторичного рассеяния йода и возможности его использования в поисковых целях. С этой целью были подвергнуты опробованию рыхлые отложения почвенных горизонтов "А", "В" и "С" в некоторых шурфах, пройденных нами для вскрытия коренных пород.

По всей вероятности, в экзогенных условиях геохимия йода определяется активным участием этого элемента как в биологическом круговороте, так и в водной и воздушной миграциях, т.е. это обстоятельство связано со вторичным обогащением йода в рыхлых отложениях.

Таким образом, впервые устанавливается наличие вторичных геохимических ореолов йода в рыхлых образованиях. Вопрос же использования их для целей поисковой геохимии пока остается открытым и требует дополнительного и специального изучения.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНДОГЕННЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОРЕОЛОВ МЕДНОСЛУЩЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ

Зависимость морфологии и строения ореолов от структурно-геологических и литологических факторов

Изложенный выше фактический материал по ореолам меднокол-



чеданных месторождений Армении свидетельствует о том, что и здесь пространственное положение ореолов, их размеры и морфология определяются, прежде всего, структурными условиями локализации рудных тел.

Так, на Шамлугском и частично Кафанском месторождениях ореолы имеют линейно-вытянутое горизонтальное залегание, в схеме повторяя морфологию рудных тел. Размеры этих ореолов обычно значительны как в вертикальном, так и особенно в горизонтальном сечениях.

Важно отметить, что при изучении первичных ореолов очень четко выделяется рудоконтролирующая роль разрывных нарушений (Шамлуг, Кафан), которые, как правило, являлись каналами, подводящими рудоносные растворы в зону рудоотложения. На эндогенное рассеяние элементов большое влияние оказывают физико-механические свойства пород, в особенности проницаемость пород, которая определяется их пористостью и трещиноватостью. Так, на Шамлугском месторождении резкое падение содержаний в альбитофирах по сравнению с терригенными туфопесчаниками находится в прямой зависимости от "эффективной" пористости.

Зависимость состава и размеров ореолов от состава рудных тел

Из опыта изучения эндогенных ореолов известна тесная генетическая связь элементного состава ореолов с составом рудных тел и симбатная зависимость параметров ореолов от параметров рудных тел, вокруг которых они развиваются.

Изложенные выше данные по эндогенным ореолам изученных медноколчеданных месторождений Армении, в целом подтверждают эти положения. Однако, имеет место и отклонение, которое выражается в том, что содержание йода в рудных жилах № 5 и 16 и в линзе № 9 (Шамлугское месторождение меди), штоке 7-10 (Кафанское месторождение меди) ниже, чем в ореоле, причем накопление йода фиксируется в зоне, удаленной на 40-50 м от жил и линзы.

На основании интенсивности содержания йода в ореолах и его расположения в геохимической колонке скважин нам удалось расширить перспективность Алавердского рудного поля на глубину и прийти к заключению, что предполагаемое медное оруденение по

скважине № 381 в третьей и четвертой рудных зонах должно быть относительно низким, а по скважине № 405 - сравнительно высоким. По расположению йода в колонке можно заключить, что необходимо в дальнейшем бурить скважины глубиной 1000-1200 м. В этом и заключается основное преимущество элемента широкого рассеяния - йода по сравнению с другими ореолообразующими элементами-индикаторами.

Зональность эндогенных геохимических ореолов

Как было показано при описании эндогенных ореолов изученных медноколчеданных месторождений, их общей особенностью является зональное строение, которое в общих чертах аналогично всем колчеданным месторождениям. Зональность в строении ореолов проявляется в неравномерном распределении элементов в различных частях ореолов.

В общих чертах в эндогенных геохимических ореолах на Шамлугском, Карнутаком, а также на Кафанском месторождениях меди наблюдается определенная зональность в строении, проявляющаяся в закономерном распределении элементов по мере удаления от изученных нами рудных тел. Отчетливо наблюдается тенденция одних элементов по сравнению с другими уходить на большие расстояния от рудного тела, образуя более широкие ореолы.

Наиболее удаляющимся от рудного тела элементом является йод, в меньшей мере - цинк, молибден и, наконец, ближайшим к нему - медь.

Таким образом, намечается следующий эмпирический ряд пространения элементов (считая от рудного тела): $\text{Si} \rightarrow \text{Zn}, \text{Mo} \rightarrow \text{I}$

Полное совпадение зонального распределения элементов в ореолах и зональности промышленного оруденения устанавливается на классическом примере штокверка рудника 7-10 Кафанского месторождения меди. Оно проявлено также на Шамлугском месторождении, намечается - на Карнутаком.

Учитывая сходство состава колчеданных рудных тел различных рудных провинций СССР (Кавказа, Урала, Алтая, Центрального Казахстана), как указывают Э.Н.Баранов, С.В.Григорян, М.А.Лапп и другие, и общий характер установленного на изученных месторож-

дениях зонального распределения элементов в околорудном пространстве, следует отметить, что в ореолах колчеданных месторождений других рудных провинций будет наблюдаться в принципе аналогичная зональность. Это положение имеет большое практическое значение, так как позволяет предполагать возможность методически единого подхода к поискам скрытого колчеданного оруденения вообще и в различных рудных провинциях Армении, в частности.

Критерии интерпретации и оценки геохимических аномалий

В свете полученных данных по эндогенным ореолам изученных медноколчеданных месторождений Армении становится очевидным, что практически не представляется возможным дать простые радикальные примеры интерпретации и оценки геохимических аномалий в коренных породах. Каждая геохимическая аномалия требует разностороннего анализа с учетом всей совокупности как геологических, так и геохимических и геофизических факторов.

Следующей важной задачей, которая стоит при изучении геохимических аномалий, является оценка уровня среза эндогенного ореола, соответствующего данной аномалии. Значительное развитие ореолов как в надрудной (Шамлуг), так и в подрудных толщах (Караган) указывает на то, что в практике поисковых работ наряду с геохимическими аномалиями, связанными со скрытым оруденением, будут широко распространены аномалии, соответствующие глубоко эродированным корневым частям месторождений и рудных тел.

Более надежная оценка уровня среза геохимических аномалий нами получена на Шамлугском месторождении меди при помощи проверочных скважин № 381 и 405 над аномалиями меди, цинка и йода.

Следующей задачей, которую необходимо решить при оценке перспективных геохимических аномалий, является определение возможной глубины залегания предполагаемого скрытого рудного тела. На данной стадии исследований ореолов, надежные геохимические критерии для определения глубины залегания скрытых рудных тел с необходимой для целей практики точностью отсутствуют.

Как вспомогательные признаки, наряду с известными геологическими критериями оценки возможной глубины залегания оруденения, могут быть использованы: установленная протяженность оре-

олов отдельных элементов над рудными телами и вертикальная зональность ореолов на подрудных интервалах. Эти признаки обычно имеют локальное значение для отдельных месторождений и рудных тел.

Таким образом, при определении глубины залегания скрытых рудных тел в большей мере приходится руководствоваться общеизвестными принципами о необходимости учета всех геофизических, геохимических и особенно геологических факторов.

Рекомендации по дальнейшему направлению поисково-разведочных работ

Учитывая вертикальную зональность и телескопированное строение колчеданного оруденения в Алавердском и Кафанском рудных районах, предполагаемое положение ожидаемого скрытого оруденения на глубине должно определяться с учетом его пространственного положения, структурно-геологических, литологических особенностей, а также морфологии как рудных тел, так и ореолов.

Поэтому для выяснения перспективности флангов Шамлугского и Карнутского месторождений меди, а также для дальнейшего изучения территории, расположенной между Шамлуг — Алавердским и Алаверди — Карнутским месторождениями, с целью расширения фронта поисковых и разведываемых площадей, рекомендуем продолжить дальнейшее изучение первичных геохимических ореолов путем постановки площадной геохимической съемки на блангах месторождений в м-бе 1:5000, в промежутке между отмеченными территориями — в м-бе 1:25000 в комплексе с другими геолого-геохимическими методами.

Как изложено выше, из общего количества аномалий (25) на Шамлугском месторождении меди 16 фактически было подтверждено наличием рудных тел, расположенных уже на глубинах от 100 до 700 м. Не сомневаемся, что остальные 9 аномалий также окажутся рудоносными, но какого именно состава — медноколчеданного или колчеданно-полиметаллического — пока затрудняемся ответить однозначно.

В Кафанском рудном поле обнаружение первичного ореола рассеяния молибдена на горизонте 746 м в комплексе с геохимическими ореолами рассеяния основных рудообразующих элементов —

меди и цинка - расширяет перспективность Центрального участка Кафанского месторождения на глубину.

С целью проверки предполагаемого оруденения рекомендуется из горизонта 746 м пробурить несколько как вертикальных, наклонных, так и горизонтальных скважин глубиной не менее 500 м; необходимость пробурки 500 м скважин диктуется фактическим материалом, учитывающим разницу в отметках поверхности и горизонта 746 м.

На Карнутском месторождении меди из всех выявленных аномалий наиболее перспективной является аномалия № 3 по йоду, меди и цинку. Проверку указанной аномалии желательно осуществить при проходке скважины глубиной до 200-250 м. В дальнейшем, по получении положительных результатов, можно перейти к проверке остальных аномалий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные в 1962-1969 гг. опытно-методические и опытно-производственные работы по разработке и внедрению геохимического метода поисков глубокозалегающих рудных месторождений на основе использования первичных ореолов рассеяния рудообразующих элементов и галогена - йода дали положительные результаты.

Изложенные выше данные по первичным ореолам рассеяния некоторых медноколчеданных месторождений Армении, как видно, затрагивают широкий круг вопросов, связанных с методикой изучения и интерпретации результатов при поиске "слепых" рудных тел.

В ходе этих работ была подтверждена эффективность метода для поисков скрытых колчеданных руд.

Для различных месторождений устанавливаются некоторые общие закономерности:

1. При образовании геохимических ореолов йода так же, как и при образовании геохимических ореолов основных рудообразующих элементов, происходит процесс крекинга, и здесь первостепенную роль играют литолого-структурные и геохимические факторы (внутреннее и внешнее равновесия).

2. В отличие от рудообразующих элементов, находящихся в первичных ореолах в виде нерастворимых соединений, йодиды на-

ходятся, главным образом, в растворимой форме. Инфильтрация водных растворов и диффузия в них растворенных галогенидов могут продолжаться (и, вероятно, продолжают) и после формирования рудных тел.

3. Около медноколчеданных рудных тел всех изученных месторождений в рудовмещающих породах устанавливаются отчетливые геохимические ореолы ряда элементов, большинство которых входит в состав руд. Состав и концентрация эндогенных геохимических ореолов перечисленных выше месторождений соответствуют минералогическим и геохимическим особенностям рудных тел. Минеральная форма нахождения элементов-индикаторов в рудных телах и вмещающих породах в пределах эндогенных ореолов сходна. Основными носителями элементов в ореолах являются: для меди-халькопирит, борнит, ковеллин; для цинка - сфалерит, частично хлорит; для свинца - галенит; для серебра и мышьяка - блеклые руды и пирит; для молибдена - молибденит, пирит, частично серицит; для кобальта и никеля - пирит, частично хлорит.

4. Морфология, размеры и интенсивность первичных ореолов изученных колчеданных месторождений определяются геолого-структурными и литологическими условиями формирования месторождений, размерами рудных тел, концентрацией элементов в рудах и геохимическими свойствами самих элементов. Прямой зависимости между размерами первичных ореолов и размерами рудных тел не наблюдается. В общем случае около крупных рудных тел развиваются более значительные по размерам ореолы, чем около мелких рудных тел.

5. Зональность эндогенных ореолов в общем виде соответствует зональности колчеданного оруденения, отражая ее в более широких масштабах.

6. Устанавливается тенденция распределения йода преимущественно в вертикальном направлении, а в горизонтальном - ореолы обнаруживаются на расстоянии до 40-50 м, в то время, как над рудным телом по вертикали это расстояние увеличивается до 700 м.

7. В строении ореолов йода наблюдаются некоторые особенности, заключающиеся в том, что в рудных телах и зонах содержание йода обычно минимально в сравнении с вмещающими или перекрывающими породами. По мере удаления от рудных тел содержание йода возрастает. Судя по интенсивности содержания йода, ожидаемое

рудное пересечение может иметь сравнительно промышленное или непромышленное содержание меди.

8. По данным изучения геохимических аномалий в коренных породах (эндогенных ореолов) возможно установить тип рудной минерализации и относительный уровень вскрытия эндогенных ореолов эрозией или поисковыми и разведочными выработками.

ПЕЧАТНЫЕ РАБОТЫ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Первичные ореолы йода на медноколчеданных месторождениях Северной Армении и их поисковое значение (бюллетень ОНТИ ВИЭМС). Москва, 1965 г., № 63 (в соавторстве с М.А. Лаллом и Б.А. Судовым).

2. Материалы к Всесоюзному семинару: "Эффективность геохимических методов поисков рудных месторождений и широкое внедрение их в практику геологической службы СССР". Москва, 1967 г. (в соавторстве с А.Г. Тонакянном).

3. Опыт применения йодометрии с целью поисков медных руд АрмССР. (Труды геохимического семинара, 1967 г.). В печати.

4. Глава "Серноколчеданные месторождения Армянской ССР". "Геология СССР", т. 43, часть II, в печати.

5. Опыт использования первичных ореолов рассеяния для обнаружения "скрытых" рудных тел на Кафанском месторождении меди. Доклад на конференции молодых специалистов в гор. Дашкесане (в соавторстве с Л.С. Карсецянном), в печати.

6. Эндогенные геохимические ореолы медноколчеданных месторождений Армянской ССР. Тезисы докладов конференции молодых геологов Армении, посвященной 50-летию установления Советской власти в Армении и 50-летию Коммунистической партии Армении (в соавторстве с Л.С. Карсецянном), Ереван, 1970 г.

Заказ 66

ВФ 03791

Тираж 180

Цех "Ромайог" Ереванского государственного университета, Ереван, Мравяна № 1

1308