

УДК 553.411 (479.25)

Ф. Е. ЗИЛЬМАН

ПЕРСПЕКТИВЫ РУДОНОСНОСТИ ПРОЖИЛКОВОЙ ЗОНЫ ОДНОГО ИЗ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАЛОГО КАВКАЗА

Геологическая перспектива выявления новых запасов металла в зоне прожилкового оруденения связана с промышленной оценкой бедных и убогих руд и технологией их обогащения.

Севано-Амасийская структурно-металлогеническая зона, в пределах которой пространственно размещено изучаемое нами месторождение, располагает значительными потенциальными возможностями для выявления прожилковых руд с благородными элементами [5].

Геологоразведочными работами на месторождении выявлены 4 основных морфологических типа оруденения, зоны вкрапленных руд, минерализованные дайки, жилы и зоны сближенных параллельных прожилков.

В отличие от зоны сближенных параллельных прожилков вышеперечисленные морфотипы оруденения относятся к промышленно богатым рудам.

Выяснение вопроса перспектив прожилковой зоны по простиранию и на глубину имеет большое значение для расширения ресурсов месторождения.

Проведение геохимических работ в прожилковой зоне было вызвано необходимостью изучения особенностей распределения химических элементов в ней и оценки этого типа оруденения, в связи с совершенствованием существующих методов добычи руд и созданием новых, более совершенных методов обогащения (фотоэлектронная сепарация) бедных и убогих штокверковых руд.

В нашей стране и за рубежом уже имеется опыт эксплуатации в полупромышленных масштабах бедных и забалансовых штокверковых руд.

Изучение и анализ литературного материала показали, что несмотря на достаточно полную разработанность вопросов определения перспектив оруденения месторождения, изложенных в ряде работ [1, 2, 3, 5, 8], вопросы прогноза прожилкового оруденения, имеющие существенное значение для промышленной оценки месторождения, а также дальнейшего направления геологоразведочных работ, изучены слабо.

В основу статьи положен материал автора по изучению структуры, минералогии и геохимии прожилковой зоны, собранный им в период 1970—1977 гг. На месторождении было отобрано около 2000 геохимических проб по 12 разрезам.

Пробы анализировались в спектральной лаборатории треста «Севкавцветметразведка» в г. Орджоникидзе и в лаборатории ИГН АН Арм. ССР в г. Ереване, методом приближенно-количественного спектрального анализа.

Описанное месторождение приурочено к крупному массиву основных и ультраосновных пород, являющихся главными локализаторами структур золото-сульфидных руд [2, 6].

Положение прожилковой зоны в общей структуре месторождения контролируется субширотными рудоконтролирующими структурами и наличием однородного по составу массива жестких габброидов.

По масштабам и интенсивности оруденения рудные тела располагаются в следующей последовательности: зоны прожилково-вкрапленной минерализации, жильные зоны и жилы, оруденелые дайки.

На наш взгляд, намечается четкое пространственное разобщение четырех основных морфотипов оруденения в общей структуре месторождения.

Пространственная ориентировка даек показывает, что система мелких трещин в прожилковой (жильной) зоне сопряжена с директивным направлением субширотных нарушений и отражает особенности деформации в относительно хрупких габброидах.

Штокверковая зона имеет вытянутую форму, склоняется на юго-восток и характеризуется постоянными элементами залегания на значительные расстояния.

Оруденение в жильной зоне контролируется системой трещин, которая образовалась в массиве габбро, расположенном к югу от основных рудоконтролирующих структур месторождения. Образование этой системы трещин обусловлено физико-механическими свойствами габбро.

В минеральном составе прожилковых руд установлены [1] следующие гипогенные минералы: кварц, карбонат, пирит, галенит, марказит, пирротин, халькопирит, сфалерит, борнит, блеклые руды, теллуриды золота и серебра и другие.

Кварцево-рудные прожилки в зоне простираются в близширотном направлении с крутым падением на юг под углом 70—85°.

Внутреннее строение жильной зоны характеризуется чередованием участков, насыщенных рудными прожилками, с участками без прожилков.

Как правило, золотоносные сульфидные прожилки выполняют широтно-ориентированные трещины скалывания и отрыва.

Необходимо отметить, что геологические факторы и предпосылки, обосновывающие перспективу всего месторождения, изложены в книге Амиряна Ш. О. и Фарамазяна А. С., посвященной минералогии, геохимии и условиям образования рудных месторождений Армении [2].

Перспективность штокверковой зоны определяется характерными особенностями габбро и условиями локализации оруденения в них.

Среди этих особенностей необходимо отметить следующие: а) физико-механические свойства массива габбро, в особенности его жесткость и способность к образованию интенсивной тектонической нарушенности; б) вытянутость массива габбро в широтном направлении и ее однородность; в) наличие выдержанных рудоконтролирующих сближенно-параллельных структур, представленных трещинами скола и отрыва, прослеживающимися на центральном участке жильной зоны до глубины 250 м; г) участие в оруденении прожилковой зоны кварц-карбонат-полисульфидной (золотоносной) стадии минерализации, которая на месторождении является одной из продуктивных и главных; д) значительное увеличение мощности прожилковой зоны на восточном фланге и большая протяженность по простиранию рудных прожилков; е) результаты геофизических исследований и бурения, по которым прожилковый тип оруденения продолжается ниже существующих горизонтов разведки месторождения.

Хотя вышеперечисленные факторы, определяющие перспективы жильной зоны, достаточно убедительны, однако они недостаточны для достоверной оценки прожилкового оруденения на глубину. Поэтому дополнительно были изучены геохимические ореолы распространения основных рудообразующих элементов в пределах жильной зоны.

Первичные геохимические ореолы изучались по результатам геохимического опробования профилей (разрезов), ориентированных вкрест простиранию жильной зоны. Профили располагались на пяти горизонтах, охватывая всю зону как по падению, так и по простиранию.

Длина профилей различна, однако все они выходят за пределы контуров измененных пород. По линии профилей по стенкам горных выработок с каждого метра отбирались геохимические пробы. Геохимическое опробование сопровождалось детальной геологической документацией выработок.

При опробовании применялся метод [4] пунктирной борозды, длиной в 1 м. Отбивались 5—6 мелких кусочков (сколков) породы размером 3—4 см в поперечнике, примерно на равных расстояниях (20—30 см) друг от друга. Эти кусочки объединялись в одну пробу, вес которой составлял 150—200 г.

Тектонические трещины, зоны и рудные прожилки опробовались отдельно. При графической интерпретации геохимических полей по данным проведенных анализов были получены слабоконтрастные ореолы для отдельных элементов. С целью усиления контрастности нами были построены мультипликативные ореолы по методике Григоряна С. В. [4]. Особенно эффективным представляется использование мультипликативных ореолов при оценке уровня геохимических аномалий относительно рудных тел и, в частности, при определении уровня их эрозионного среза. Характер распределения элементов вокруг прожилкового оруденения существенно отличается от других промышленно-

морфологических типов—жил, зон и оруденелых даек. Для прогнозирования глубины эрозионного среза по первичным геохимическим ореолам использованы данные о распределении химических элементов вокруг известных (эталонных) рудных тел и месторождений [3].

В результате обработки данных геохимического опробования прожилковой (жилной) зоны по разрезу были установлены поля повышенных по сравнению с фоном концентраций широкого круга химических элементов—*Au, Sb, Cu, Pb, Zn, Sn, Ag, As, Bi*. При этом относительно широкие ореолы установлены для *Au, Zn, Cu, Pb, Ag*, а узкие—для сурьмы, олова, мышьяка и висмута.

В штокверковой зоне наблюдается четкий пространственно-корреляционный ряд между максимумами ореолов и содержанием золота. Основная часть исследуемых элементов в ореолах не привносилась извне, или привносилась в очень малых количествах. И лишь *Au, Hg, As* привносились в значительных количествах. Интересные данные получены в зоне окисления прожилковой зоны для таких элементов, как *Zn, As, Ag, Mo*. Здесь наблюдается незначительное увеличение их содержания по сравнению с фоном первичных руд, что можно объяснить наличием зоны вторичного обогащения. По-видимому, эти элементы были выщелочены с поверхностных частей и отложены в нижних горизонтах окисленных руд [7].

В то же время другие слабо подвижные элементы (*Pb, Ti, V, Mn, Ga, Sr*) в зоне окисления обогащают приповерхностные участки, вследствие чего в окисленных рудах штокверка коэффициент концентрации меньше единицы или близок к нему [3].

Элементы, сопровождающие минерализацию золота в прожилковой (жилной) зоне, можно подразделить на: 1) Неинформативные элементы, заимствованные из вмещающих пород и образующие самостоятельные ореолы—*Ni, Cr, V, Ga, Co, (Ti, Mn)*. Ореолы этих элементов не имеют отношения к минерализации золота. 2) Второстепенные элементы-индикаторы, привнесенные гидротермальными растворами—*Cu, Pb, Zn, (Ni, Co, Mn)*, ореолы которых больше, чем ореолы золота и серебра. 3) Прямые элементы-индикаторы, которые связаны с привнесением—*Ag, Au, As, Hg, Sb, Te*.

Основные данные по распределению элементов в жилной зоне, позволяющие установить индикаторные отношения для определения уровня эрозионного среза, приведены в табл. 1, 2.

Сопоставляя результаты геохимических исследований, проведенных [3] в центральной части месторождения (жилы, зоны и др.), с результатами изучения жилной зоны, автор приходит к выводу, что в основном полученные результаты подтверждают данные прежних авторов. Хотя необходимо указать, что моноэлементные ореолы штокверковой зоны меньше по размерам и обладают более низкой интенсивностью, чем ореолы других морфологических типов оруденения. Это обстоятельство несколько затрудняет использование первичных отдельных элементов-индикаторов при прогнозировании, так как небольшие

Таблица 1

Числовые характеристики распределения и концентрации элементов, по рудам и вмещающим породам штокверка

Элементы, ‰	Hg	As	Ag	Pb	Zn	Cu	Au	Mo	Co	Ni	Sn
1. Чувствительность анализа, ‰	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
2. Кларк по Виноградову	$8 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-7}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$
3. Местный геохимический фон свежего габбро, ‰	$1,45 \cdot 10^{-7}$	$1,05 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$1,72 \cdot 10^{-2}$	$1,55 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$4,4 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$
4. То же выветренных габбро	$1 \cdot 10^{-6}$	0,001	$5 \cdot 10^{-5}$	0,005	$5 \cdot 10^{-3}$	0,03	$1 \cdot 10^{-7}$	$8 \cdot 10^{-4}$	0,018	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$
5. Среднее содержание в штокверке по первичным рудам, ‰	$3 \cdot 10^{-4}$	0,032	$1,07 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	0,023	$1 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-4}$	0,016	0,016	$5 \cdot 10^{-5}$
6. То же по зоне окисления	$1,10^{-6}$	0,006	$6 \cdot 10^{-5}$	0,004	0,06	0,02	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-3}$	0,01	0,05	$8 \cdot 10^{-7}$
7. Коэффициент концентрации по первичным рудам	2060	3	0,89	0,89	0,1	1,5	10	0,9	0,9	0,9	1,3
8. То же по окисленным рудам	6	6	1,2	0,8	12	0,6	1	1,6	0,5	1,5	0,02

Примечание: 3—местный геохимический фон высчитан по 45 пробам. 4—местный геохимический фон высчитан по 30 пробам. 5—среднее содержание элементов в штокверке по первичным рудам рассчитано по 750 пробам. 6—среднее содержание элементов в штокверке по окисленным рудам рассчитано по 615 пробам.

Таблица 2

Средние содержания элементов по горизонтам и флангам штокверка

Уровень	Кол-во проб	Hg	As	Ag	Pb	Zn	Cu	Au	Mo	Co	Ni	Sn
Центральный участок												
I поверх.	70	$1 \cdot 10^{-6}$	0,016	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$8,5 \cdot 10^{-4}$	0,19	0,0039	$1 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	0,003	0,011	—
II гор.	100	$2 \cdot 10^{-5}$	0,012	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-4}$	0,16	0,105	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$8,5 \cdot 10^{-5}$	0,012	0,015	—
III гор.	180	$1 \cdot 10^{-6}$	0,0054	$8 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$	0,0052	0,022	$1 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	0,016	0,013	$7 \cdot 10^{-6}$
IV гор.	180	$1 \cdot 10^{-6}$	0,0046	$3 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-5}$	0,0041	0,007	$4 \cdot 10^{-7}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	0,016	0,01	$1,02 \cdot 10^{-5}$
V гор.	170	$1 \cdot 10^{-6}$	0,0041	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$	0,0033	0,0521	$6 \cdot 10^{-7}$	$8 \cdot 10^{-4}$	0,019	0,012	$8,1 \cdot 10^{-4}$
Ф		$1 \cdot 10^{-7}$	0,0105	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	0,0172	0,0155	$1 \cdot 10^{-7}$	$4,4 \cdot 10^{-4}$	0,017	0,017	$3,4 \cdot 10^{-5}$
Восточный фланг												
I поверх.	60	$1 \cdot 10^{-5}$	0,0039	$4,8 \cdot 10^{-5}$	0,0016	0,039	0,01	$1 \cdot 10^{-6}$	$9 \cdot 10^{-4}$	—	0,011	—
II гор.	70	$1,1 \cdot 10^{-5}$	0,0037	$1,2 \cdot 10^{-5}$	0,0015	0,012	0,0105	$1 \cdot 10^{-5}$	$1,25 \cdot 10^{-4}$	—	0,012	—
III гор.	90	$3 \cdot 10^{-6}$	0,0035	$4 \cdot 10^{-6}$	0,0006	0,001	0,0135	$1 \cdot 10^{-5}$	0,0043	—	0,0125	—
IV гор.	100	$1,8 \cdot 10^{-7}$	0,0027	$1 \cdot 10^{-6}$	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$7,2 \cdot 10^{-4}$	0,0147	$1 \cdot 10^{-6}$	0,0051	—	0,0096	—
Западный фланг												
I поверх.	90	$1 \cdot 10^{-6}$	—	$5 \cdot 10^{-5}$	0,00035	0,0035	—	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$	0,0031	0,01	—
II гор.	135	$1,5 \cdot 10^{-6}$	0,007	$6 \cdot 10^{-7}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$	0,0021	0,017	$1 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-4}$	0,0083	0,015	$6 \cdot 10^{-6}$
III гор.	150	$1,48 \cdot 10^{-5}$	0,0025	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	0,0011	0,023	$1 \cdot 10^{-7}$	$8,6 \cdot 10^{-4}$	0,011	0,013	$2,6 \cdot 10^{-5}$
К		$9 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-7}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$

размеры моноэлементных ореолов затрудняют определение уровня эрозионного среза.

Использование моноэлементных ореолов в условиях жилой зоны малоэффективно, так как при оценке рудопроявлений или рудных тел, вскрытых эрозионной поверхностью, решающим критерием является вертикальная зональность ореолов, по которой определяется уровень эрозионного среза.

Очевидно, что надежное решение задачи возможно только при условии существования высококонтрастной и, что особенно важно, стабильной вертикальной зональности, выявляемой не только при сопоставлении надрудной и подрудной частей ореолов, но и различных частей рудного тела.

Применение моноэлементных ореолов при анализе геохимических данных нецелесообразно, так как они не обеспечивают получения стабильной геохимической зональности. Слабые по интенсивности ореолы в большей степени подвержены различного рода флюктуациям, вызванным вариациями фонового содержания элементов, а также погрешностями применяемых методов исследований, (отбор, обработка, анализ проб и др.).

В расчетах геохимических параметров жилой зоны нами выбран наиболее представительный центральный ее участок. Здесь оруденение проявлено наиболее интенсивно и изучено более детально.

Как видно из табл. 2, с глубиной наблюдается тенденция к уменьшению среднего содержания надрудных элементов (*As, Ag, Pb, Zn*) и увеличение подрудных элементов (*Co, Sn*). Необходимо указать, что благодаря специфическим особенностям распределения элементов в жилой зоне и весьма слабой контрастности ореолов, изменение по вертикали соотношения подрудных и надрудных элементов происходит слабо.

Для оценки глубины вероятного эрозионного среза жилой зоны в качестве эталона взят геохимический разрез центральной части, где зона прослежена на 5-ти горизонтах. На его основе построена «эталонная» диаграмма (рис. 1). С ней сопоставлены западный и восточный фланги.

Рассчитанные по вертикали отношения линейных продуктивностей надрудных и подрудных элементов $\left(\frac{As \cdot Ag \cdot Pb}{Mo \cdot Sn} \right)$ по центральному участку штокверка (рис. 1), приведенные в виде графика, показали, что на V горизонте значение мультипликативных ореолов составляет 0,08 единицы, тогда как на поверхности оно равно 130000 единицам.

В строении ореолов перечисленных элементов обнаруживается отчетливая вертикальная зональность, которая выражается в приуроченности наиболее широких и интенсивных ореолов отдельных элементов к различным гипсометрическим уровням.

Сравнивая с эталоном рис. 1 западный и восточный фланги штокверка, можно прийти к выводу, что на западном фланге, с глубиной

монотонно уменьшается значение отношений линейных продуктивностей ореолов на западном фланге с 35 единиц на I горизонте и до 5 единиц на III горизонте, а на восточном фланге с 11000 единиц на поверхности до 45 единиц на IV горизонте. В сравнении с эталонной диаграммой минерализация золота может распространяться на глубину

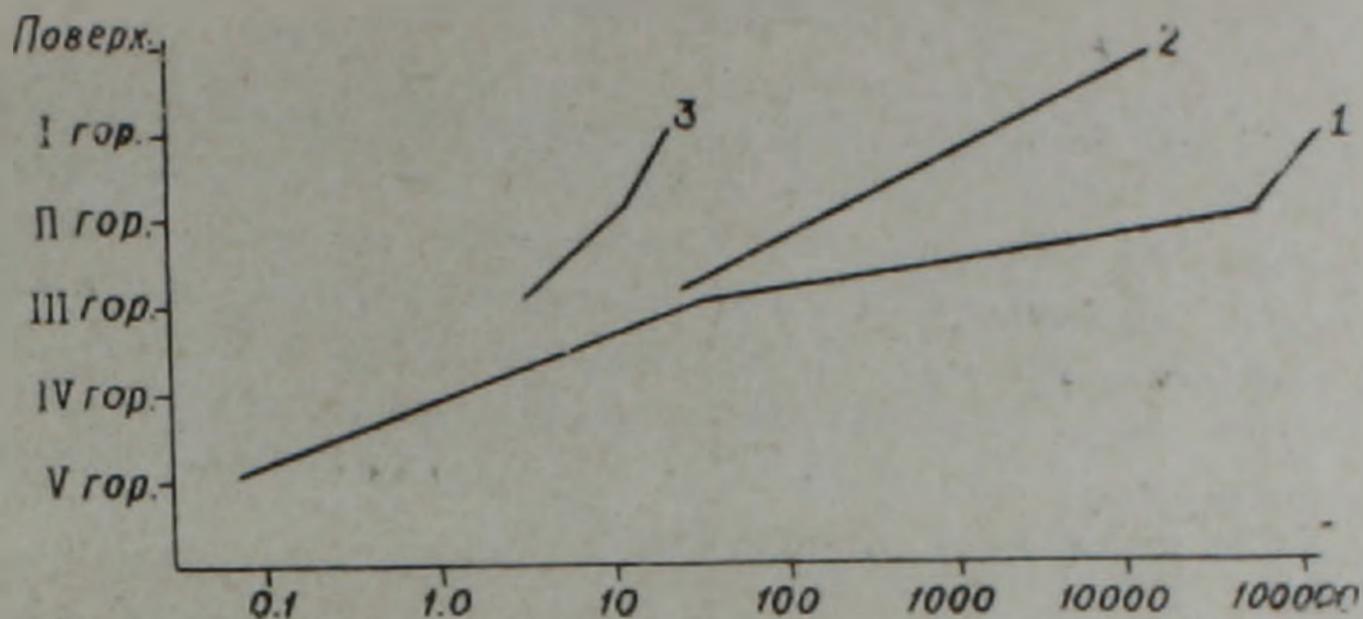


Рис. 1. Совмещенный график изменения по вертикали отношения линейных продуктивностей надрудных и подрудных элементов штокерка: 1. Центральный участок. 2. Западный фланг. 3. Восточный фланг.

до 150—200 м. Анализ данных по восточному флангу штокерка (табл. 2), а также кривых значений отношений линейных продуктивностей, позволяет сделать вывод, что масштабы проявления оруденения с глубиной увеличиваются. Однако следует отметить, что значение отношений линейных продуктивностей ореолов с глубиной уменьшается менее интенсивно.

На основании геохимических исследований, проведенных автором, а также общих геологических критериев можно сделать вывод, что вероятнее всего на восточном и западном флангах жильной зоны верхняя часть слегка эродирована, что свидетельствует о перспективности восточного и западного флангов на глубину.

Практически на западе прожилковое оруденение ограничивается дайкой гранит-порфира, и к западу от дайки отсутствуют геологические предпосылки для обнаружения новых участков прожилковых руд. На востоке развитие зон с кварцеворудными прожилками также мало вероятно, так как физико-механические свойства перидотитов и порфиритов не благоприятны для образования рудовмещающих трещин, развитых в габброидном массиве.

Таким образом, специальные геохимические исследования, проведенные автором по первичным ореолам зоны прожилкового оруденения, подтверждают геологический прогноз о наличии прожилковых руд на глубине 150—200 м ниже горизонта шт. 5 (III—горизонт).

На основании геологических и геохимических данных, перспективы рудоносности прожилковой зоны на Центральном участке практически ограничены пятым горизонтом, глубиной 350 м.

ՓՈՔՐ ԿՈՎԿԱՍԻ ՈՍԿՈՒ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻՑ ՄԵԿԻ ԵՐԱԿԻԿԱՅԻՆ ԶՈՆԱՅԻ
ՀԱՆՔԱՔԵՐՈՒԹՅԱՆ ՀԵՌԱՆԿԱՐՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Երակիկային հանքայնացման և տեղայնացման առանձնահատկությունների ուսումնասիրման հիման վրա մշակված են նոր երկրաբանա-գեոքիմիական շտափանիչներ հանքայնացման հեռանկարները գնահատելու համար:

Տարրերի վերահանքային և ենթահանքային մուլտիպլիկատիվ եզրապսակները, ինդիկատոր-տարրերի հարաբերակցությունների ուսումնասիրությունները թույլ են տալիս եզրահանգելու, որ երակիկային գոտու արևելյան և արևմրտյան թևերի խոր հորիզոններն ունեն հանքաբերության որոշ հեռանկարներ և արժանի են մանրամասն ուսումնասիրության:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Амирян Ш. О. Характер оруденения на одном месторождении. ДАН Арм. ССР, т. XXX, № 4, 1960.
2. Амирян Ш. О., Фармазян А. С. Минералогия, геохимия и условия образования рудных месторождений Армянской ССР. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1974.
3. Безирганов Б. Г. О практическом значении эндогенных ореолов одного из золоторудных месторождений Малого Кавказа. «Вопросы прикладной геохимии», вып. 3, 1969.
4. Григорян С. В., Янишевский Е. М. Эндогенные геохимические ореолы рудных месторождений. «Недра», М., 1968.
5. Магакьян И. Г. Основные черты металлогении Армении. «Сов. Геология», № 7, 1959.
6. Мадатян Э. М. Геология и металлогения Сивано-Амасийской зоны. «Айастан», Ереван, 1973.
7. Рослякова Н. В., Росляков Н. А. Эндогенные ореолы месторождений золота. «Наука», Новосибирск, 1975.
8. Саркисян Г. А. Роль вмещающих пород при метасоматозе и зональность его продуктов на примере золоторудного месторождения. Сб. «Метасоматические изменения боковых пород, их роль в рудообразовании», Л., 1966.