УДК 550.4.42

Э. А. ХАЧАТУРЯН, Р. Н. ЗАРЬЯН, К. В. ДАВТЯН

О ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ОРУДЕНЕНИЯ ЦАВСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

Цавский рудный район, являющийся южной оконечностью Сомхето-Карабахской тектонической зоны Малого Кавказа, расположен в Кафанском районе Армянской ССР.

Геологическое строение, магматизм и металлогения Цавского рудного района изучены и описаны А. Н. Соловкинским [6], С. С. Мкртчяном [5], Э. Г. Малхасяном [4], В. Т. Аюпяном [1], Г. А. Казаряном [3] и др. Однако, вопросы геохимии различных типов руд района продолжают оставаться относительно слабо освещенными.

На территории рудного района последовательно обнажаются вулканогенно-осадочные образования верхнеюрско-мелового времени и прорывающие их интрузивные породы, принадлежащие к различным фазам формирования Цавского гранитоидного массива.

В пределах описываемого рудного района по времени и условиям формирования выделяются два разновозрастных магматических комплекса [2]:

1. Верхнеюрско-средневаланджинский эффузивный комплекс, представленный андезито-базальтами, андезитами, реже долеритами, диабазовыми порфиритами, базальтами, липарито-дацитами и их дайками диабазов и андезитовых порфиритов, а также субвулканическими липарито-дацитами и липаритами.

2. Меловой интрузивный комплекс, объединяющий породы габбро-диорит-гранодиоритовой формации (габбро, габбро-диориты, диориты, кварцевые диориты, гранодиориты, розовые граниты др.) и связанные с ними дайки первого (аплиты, пегматиты) и второго (габбро-диабазы, диабазы, диорит-порфириты, микродиориты) этапов. Сравнительно широким распространением пользуются дайки второго этапа.

Рудовмещающими породами являются в основном интенсивно гидротермально измененные (окварцованные, серицитизированные, хлоритизированные, эпидотизированные, каолинизированные) вулканыты и интрузивы соответственно андезитовой и габбро-диорит-гранодиоритовой формаций.

Оруденение Цавского рудного района по особенностям минерального состава подразделяется на три основные формации.

К первой из них относится полоса скарнов с наиболее высокотемпературным магнетитовым оруденением (Шишкертское контактово-метасоматическое месторождение). Магнетитовое орудение образует жилы, гнезда и линзы, которые пространственно приурочены к контактам Цавской интрузии с карбонатными породами мелового возраста.

Вторая формация включает прожилково-вкрапленные зоны медно-молибденовых руд (Цавское месторождение). Указанная формация руд пространственно связана с породами обоих магматических комплексов.

Третья формация представлена медноколчеданными жилами в основном пирит-халькопиритового состава с незначительной примесью борнита, халькозина, ковеллина и других минералов. Руды этой формации приурочены к породам андезитовой серии кровли Цавского интрузива (Шикахохское месторождение).

Руды рассматриваемых формаций по химизму, минеральному составу и концентрациям элементов-примесей резко отличаются друг от друга и, по-видимому, являются разновозрастными образованиями.

По условиям формирования и минералого-геохимическим чертам руды района относятся к двум различным этапам рудообразования—контактово-метасоматическому и гидротермальному.

Наиболее характерной особенностью гидротермальной деятельности на месторождениях является многостадийность минерализации; установлено шесть стадий минерализации, характеризующихся определенной типоморфией ассоциацией минералов: 1) кварц-магнетитовая, 2) кварц-молибденитовая, 3) кварц-пиритовая (с теллуридами Bi), 4) кварц-халькопиритовая (с теллуридами Pb, Bi, Ag, Au), 5) карбонатная, 6) ангидрит-гипсовая.

На Цавском и Шикахохском месторождениях медно-молибденовые и медноколчеданные руды имеют массивные, полосчатые, вкрапленные и брекчиевидные текстуры. Преобладающими структурами являются массивные и полосчатые.

На Цавском месторождении количество молибденита, халькопирита и сфалерита с глубиной увеличивается. Среднее содержание молибдена, меди и цинка в рудах разведваемой зоны, по данным 20 объединенных бороздовых проб, соответственно составляет 0,0184, 0,2419 и 0,0068% (табл. 1).

Отдельные участки Цавского и Шикахохского месторождений разведаны горными выработками и буровыми скважинами до глубины 450—500 м. В настоящее время Цавское медно-молибденовое месторождение разведывается только буровыми скважинами в вулканитах андезитовой серии экзоконтактовых частей Цавской интрузии. На глубоких горизонтах месторождения в породах габбро-диорит-гранодиоритовой формации буровыми скважинами установлено наличие медно-молибденового оруденения. Отсутствие богатых руд в скважинах, заданных только в северных экзоконтактовых частях Цавской интрузии, не говорит об отсутствии богатого медно-молибденового оруденения в эндоконтактовых зонах этого гранитоидного массива. Заслуживают геологоразведочного изучения участки пород северных эндоконтактовых зон Цавской интрузии, причем в первую очередь следует задать две или три скважины глубиной 350—400 м с учетом контролирующей роли близширотных и меридиональных структур в локализации медно-молибденового оруденения.

Ниже рассматриваются закономерности распределения и concentra-

Таблица 1

Средние содержания элементов-примесей в рудах и минералах различных стадий минерализации Цавского рудного района

Стадии минерализации и минералы	Количество анализов	Химические анализы в г/т									Спектральные анализы в г/т					
		Молибден	Медь	Цинк	Свинец	Селен	Теллур	Галлий	Германий	Рений	Титан	Марганец	Никель	Кобальт	Золото	Серебро
Кварц-магнетитовая																
Магнетит	4	5	25	—	—	—	—	—	2	—	2000	200	25	15	—	—
Пирит	3	25	450	10	—	15	5	1	1,5	—	150	200	75	40	—	—
Рядовая руда	5/12	5	600	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
Кварц-молибденитовая																
Молибденит	4	—	730	60	42	37	23	—	0,5	66	47	42	20	15	—	—
Халькопирит	3	950	—	150	15	46	80	2	2,5	1	10	100	10	5	—	10
Пирит	3	440	3700	15	100	30	13	2,3	2,3	—	180	130	23	26	—	—
Рядовая руда	20/16	180	2419	68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7
Кварц-пиритовая																
Пирит	8	26	6600	900	355	33	39	2	1,7	—	53	27	20	20	7,5	40
Халькопирит	2	300	—	300	30	63	93	4	2,7	—	43	30	23	6	13	20
Рядовая руда	13/20	33	2150	225	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50
Кварц-халькопиритовая																
Халькопирит	8	18	—	1300	140	73	85	7	4,8	1	15	20	15	5	17	20
Пирит	4	20	5400	930	110	55	83	3,5	3,3	—	20	22	12	15	57	125
Борнит	2	10	—	500	10	20	10	—	—	—	10	10	10	—	—	—
Халькозин	2	10	—	300	20	10	20	—	—	—	10	10	10	—	—	—
Рядовая руда	12/13	27	7800	273	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200

Примечание: в числителе количество химических анализов борздовых проб на молибден, медь и цинк, а в знаменателе — спектральных анализов штуфных проб на серебро. Химические и спектральные анализы выполнены в соответствующих лабораториях ИГН АН АрмССР. Германий, золото и серебро даны в условных единицах.

ции молибдена, меди, цинка, свинца и тех элементов-примесей, которые непосредственно связаны с гидротермальным этапом формирования руд.

Молибден относится к элементам, геохимическая судьба которых в гипогенных рудах тесно связана с серой.

На Цавском месторождении молибден в виде четырех- и шестивалентных ионов соответственно входит в структуру молибденита и повеллита.

Проведенные минералого-геохимические исследования руд показывают прежде всего, что молибден присутствует в халькопирите, пирите, борните, халькозине и магнетите от следов до 0,23%. Наиболее высокое содержание молибдена отмечается в халькопирите; затем убывает от пирита через борнит, халькозин к магнетиту. Максимальные концентрации элемента наблюдаются в халькопиритах и пиритах кварц-молибденитовой стадии минерализации. Наличие описываемого элемента в упомянутых минералах обусловлено главным образом мельчайшими механическими включениями молибденита и частично изоморфным замещением трехвалентного железа и четырехвалентного титана и, вероятно, двухвалентной меди молибденом.

На Цавском месторождении значительное количество металла приурочено к медно-молибденовым рудам, где его содержание варьирует от следов до $1,25 \cdot 10^{-3}$ %. Среднее содержание металла в медно-молибденовых рудах разведваемой зоны, по данным 20 объединенных бороздочных проб, составляет 0,0184% (табл. 1).

Концентрация молибдена в гидротермальных растворах кварц-магнетитовой стадии минерализации была минимальной, далее постепенно возрастает и достигает своего максимума в кварц-молибденитовую стадию, а затем убывает (табл. 1).

По имеющимся данным, содержание молибдена на месторождении с глубиной возрастает (табл. 2).

Таблица 2

Изменение содержания молибдена, меди и цинка в рудовосной зоне Цавского месторождения

Интервалы в метрах	Количество проб	Содержание в ‰			Отношение	
		Mo	Cu	Zn	Cu/Mo	Cu : Mo : Zn
70—160 м	7	0,0055	0,0857	0,0042	16	20 : 1,3 : 1
160—265 м	5	0,0210	0,2472	0,0060	12	41 : 3,5 : 1
265—410 м	8	0,0286	0,3928	0,0095	14	41 : 3 : 1

На Цавском месторождении распределение молибдена в общем отличается неравномерностью. В зоне окисления за счет молибденита образуется повеллит.

Отношение $Cu:Mo$ варьирует в пределах 12—16.

Медь. На месторождениях имеются минералы, в решетках которых одновременно находятся разновалентные ионы меди. Главными медь-содержащими рудными минералами являются халькопирит, борнит, халькозин, ковеллин и др.

Как показали химические анализы различных минералов, значительные количества меди обнаруживаются в пирите, молибдените и магнетите, причем ее максимальные содержания приурочены к серному колчедану медной стадии минерализации (табл. 1). Такое широкое развитие элемента в упомянутых минералах объясняется наличием мелких включений халькопирита, борнита, халькозина и ковеллина, обнаруживаемых в полированных шлифах. Медная минерализация в виде халькопирита встречается во всех среднетемпературных стадиях оруденения.

Максимальный вынос меди гидротермальными растворами падает на кварц-халькозин-борнит-халькопиритовую стадию. Минимальные количества металла улавливаются рудами кварц-магнетитовой стадии. Количество описываемого металла с глубиной возрастает, и наблюдается четкое превалирование меди над молибденом, а последнего—над цинком. Величина отношения $Cu:Mo:Zn$ с глубиной увеличивается (табл. 2). В рудах медь распределяется неравномерно.

В зоне окисления образуются типичные вторичные минералы меди: малахит, азурит, халькозин, ковеллин, тенорит, куприт и др.

Цинк в виде самостоятельного минерала—сфалерита встречается в рудах серноколчеданной и медной стадий минерализации. Все типы руд содержат цинк, и его содержание в них варьирует от следов до 0,0420%. Среднее содержание элемента возрастает от высокотемпературных магнетитовых руд к среднетемпературным медным (табл. 1). Концентрация цинка с глубиной повышается в два раза (табл. 2). Незначительные количества металла обнаруживаются в сульфидах. Для минералов месторождений по концентрации цинка отмечается следующий убывающий ряд: пирит-халькопирит-борнит-халькозин-молибденит. Присутствие металла в указанных сульфидах обусловлено, главным образом, наличием мельчайших выделений сфалерита. Ничтожная часть цинка в минералах находится в качестве изоморфной примеси, т. е. железо замещается двухвалентным ионом цинка.

Свинец. Основными минералами-носителями элемента являются галенит и алтант, которые встречаются только в рудах кварц-пиритовой и кварц-халькопиритовой стадий минерализации. Незначительное количество свинца развито в рудах кварц-молибденитовой стадии, где его содержание колеблется от 0,003 до 0,01%. В ходе гидротермального процесса концентрация металла повышается и доходит до своего максимума—0,03%—в рудах медной стадии. Описываемый элемент обнаруживается во всех главных и распространенных сульфидах. Содержание в них варьирует от 0,001 до 0,18%. Твердо установлено, что в сульфидах имеется определенная малоподвижная часть атомов свинца, не связанных с механическими примесями. При постмагматических процессах ма-

лоподвижная часть металла, приуроченная к решеткам сульфидов, имеет иную геохимическую судьбу, чем подвижный свинец, прочно связанный с субмикроскопическими выделениями галенита или алтаита, располагающихся на гранях роста кристаллов других минералов. В изученных рудах основная масса рассматриваемого элемента находится в виде механической примеси.

В заключение следует отметить, что в ходе гидротермального процесса с понижением температуры рудообразования содержание свинца возрастает.

Золото и серебро в рудах месторождений находятся:

а) в виде тонкодисперсных или субмикроскопических выделений гессита, петцита, аргентита, самородного золота и серебра;

б) в форме изоморфных примесей в составе сульфидов, сульфосолей и т. д.

На месторождениях распространность минералов описываемых элементов неодинакова и частота их обнаружения убывает в такой последовательности: самородное серебро — самородное золото — гессит-петцит-аргентит.

В рудах отмечается раннее и позднее золото. Раннее—тонкодисперсное или субмикроскопическое золото, приуроченное к полям пирита, реже халькопирита серноколчеданной и медной стадий минерализации, образуется в более высокотемпературных условиях, чем позднее—обычно видимое золото. Раннее золото и указанные сульфиды из рудоносных растворов выпадают почти одновременно. Значительные содержания данного элемента (до 0,003) были захвачены пиритом и халькопиритом среднетемпературных стадий минерализации.

Наиболее высокие концентрации серебра отмечаются в рудах кварц-халькопиритовой стадии, где содержание элемента варьирует в пределах от $1 \cdot 10^{-2}$ до $3 \cdot 10^{-2}$ усл. ед. Минимальные количества металла обнаружены в образованиях кварц-магнетитовой стадии минералоотложения. Серебро установлено в серном и медном колчеданах среднетемпературных стадий минерализации, причем наиболее высокие содержания (от 0,001 до 0,03) улавливаются в пиритах.

Проведенные исследования показывают, что концентрация золота и серебра в гидротермальных растворах увеличивается от высокотемпературных стадий минерализации к среднетемпературным.

Селен и теллур являются специфическими элементами сульфидов всех стадий минерализации. В минералах постмагматического происхождения селен не образует селенидов и находится в виде изоморфной примеси, замещая двухвалентную серу. Теллур, в отличие от селена, встречается как в форме теллуридов, так и в виде изоморфных примесей в решетке сульфидов. В минералах, имеющих гидротермальный генезис, между теллуrom и серой существует ограниченный аннионный изоморфизм. Теллуриды образуются, главным образом, в конце кварц-халькопиритовой стадии минерализации, хотя некоторые из них (теллуриды висмута) иногда обнаруживаются в серноколчеданных рудах.

Порядок выделения теллуридов из постмагматических растворов кварц-халькопиритовой стадии минерализации следующий: тетрадимит-теллуризовисмутит-алтаит-гессит-петтит. Наиболее часто отмечаются теллуриды висмута, реже серебра, золота и свинца. Наблюдаемая парагенетическая ассоциация минералов теллура, проявляющаяся в конце кварц-пиритовой и кварц-халькопиритовой стадий минерализации, рассматривается с позиций трехкомпонентных физико-химических систем Bi—Te—S , Pb—Te—S и Ag—Au—Te .

Концентрация селена или теллура в пиритах и халькопиритах, образовавшихся на различных стадиях эволюции гидротермальных растворов, постоянно возрастает от ранних генераций к поздним (табл. 1). Самые высокие содержания теллура фиксируются в халькопиритах серноколчеданной и медной стадий, что, очевидно, обусловлено присутствием в них субмикроскопических выделений теллуридов.

Максимальные количества элементов приурочены к халькопиритам, а минимальные—к борниту и халькозину. Таким образом, концентрация металлоидов в халькопиритах и пиритах повышается с уменьшением температуры рудообразования. На месторождениях в соотношении селена к теллуру намечается следующий убывающий ряд: борнит-пирит-халькопирит-молибденит-халькозин. Во всех сульфидах, за исключением борнита, как правило, теллур превалирует над селеном. В медном и серном колчеданах различных стадий минерализации между содержаниями описываемых металлоидов, серебра, висмута и золота существует корреляционная зависимость (табл. 1). Подобная взаимосвязь, очевидно, объясняется наличием микровключений теллуридов, с одной стороны, и гетеровалентным компенсационным изоморфизмом—с другой.

На месторождении намечается следующий ряд срoдства металлов с теллуром: Pb—Bi—Ag—Au .

Итак, указанный ряд элементов полностью совпадает с рядом возрастания «относительного срoдства к теллуру», выведенного В. В. Шербиной [7].

В постмагматическом процессе дифференциации рудоносных растворов селен, в отличие от теллура, строго следует за серой.

Галлий и германий фиксируются в рудах и минералах различных стадий минерализации. Наибольшие количества рассматриваемых металлов улавливаются в халькопиритах и пиритах медной стадии. Содержание галлия в медном колчедане в два раза больше, чем в серном колчедане кварц-халькопиритовой стадии. Концентрация галлия закономерно увеличивается от халькопиритов наиболее высокотемпературных стадий минерализации к среднетемпературным (табл. 1).

На месторождении частота нахождения германия убывает в ряду: халькопирит-пирит-магнетит-молибденит.

В общем ходе гидротермального процесса формирования руд, геохимическое и кристаллохимическое срoдство галлия и германия с железом обуславливает их изоморфное вхождение в решетку сульфидов и оксидов.

В рудах месторождения самостоятельных минералов галлия и германия не обнаружено.

Рений в минералах различных стадий рудообразования распределяется неравномерно. Содержание элемента в минералах меди (халькопирит, борнит) варьирует в пределах от следов до 0,0002%. Проведенные исследования показали, что при многостадийном процессе рудоотложения значительные количества рения приурочены к молибденитам. Содержание металла колеблется от $2,5 \cdot 10^{-3}$ до $11 \cdot 10^{-3} \%$.

В молибденитах между содержаниями рения и селена корреляционной зависимости не наблюдается.

Висмут является одним из характерных элементов руд месторождений. Значительные содержания (сотые доли процента) элемента связаны с рудами кварц-пиритовой и кварц-халькопиритовой стадий минерализации. Концентрация висмута в сульфидах (халькопирит, молибденит и др.) варьирует от $1 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-1} \%$, иногда достигает 1,0%. Максимальные количества металла приурочены к медным колчеданам кварц-халькопиритовой стадии, что, очевидно, обусловлено наличием в них микроскопических выделений висмутита, тетрадимита и теллуrowисмутита. В халькопиритах и пиритах, выделившихся в различных стадиях эволюции постмагматических растворов, между содержаниями висмута, теллура, золота и серебра наблюдается корреляционная зависимость. Наличие описываемого металла в халькопирите и пирите, видимо, можно отнести не только за счет присутствия в указанных сульфидах самостоятельных минералов висмута, но и за счет изоморфизма.

Титан, марганец и ванадий являются характерными элементами руд. Максимальные количества (0,01—1,0%) указанных элементов устанавливаются в рудах кварц-магнетитовой стадии минерализации, а минимальные—кварц-халькопиритовой. Содержание описываемых металлов в медно-молибденовых и серноколчеданных рудах варьирует от 0,003 до 0,3%. Обычно в рудах различных стадий титан всегда преобладает над марганцем, а последний над ванадием.

Спектроскопически эти элементы в тех или иных количествах обнаруживаются в сульфидах и окислах (табл. 1). Изучая распространение этих металлов в рудных минералах, можно заключить, что содержание элементов в пиритах падает с понижением температуры их образования. В гипогенных условиях формирования руд марганец и ванадий не образуют самостоятельных минералов и находятся в виде изоморфных примесей в магнетите, гематите, пирите, халькопирите, борните и т. д.

В гидротермальном процессе геохимическая судьба марганца, ванадия и особенно титана определяется близостью их кристаллохимических свойств с железом.

В зоне окисления марганец встречается в виде псиломелан—вада и медно-марганцевой смоляной руды.

Никель, кобальт и хром. Наиболее высокие содержания (0,01%) никеля и кобальта отмечаются в рудах кварц-пиритовой стадии, а минимальные (0,001—0,002%)—кварц-халькопиритовой стадии.

Количество элементов в рудах кварц-магнетитовой и кварц-молибденитовой стадий колеблется в интервалах от 0,0003 до 0,01%. Концентрация никеля и кобальта в гидротермальных растворах почти одинакова.

Содержание хрома в рудах различных стадий минерализации варьирует от 0,0003 до 0,003%.

В постмагматическом процессе концентрация хрома в растворах падает с понижением температуры формирования руд.

Рассматриваемые металлы в тех или иных количествах обнаруживаются в магнетите, пирите, халькопирите, молибдените, борните и др. (табл. 1).

В ходе эволюции гидротермальных растворов поведение никеля, кобальта и хрома контролируется поведением железа.

Изучение геохимических особенностей руд различных формаций позволяет отметить следующее.

1. По физико-химическим условиям формирования оруденение района относится к двум этапам рудообразования—контактово-метасоматическому и гидротермальному. Постмагматический этап минерализации имеет многостадийный характер. В гидротермальном этапе минерализации намечается следующая последовательность выноса главных металлов рудоносными растворами: Mo—Fe—Cu—Zn—Pb .

2. В рудах месторождений молибден, медь, цинк и свинец характеризуются неравномерным распределением. Содержание указанных металлов возрастает от более высокотемпературных стадий минерализации к среднетемпературным. На Цавском месторождении содержание молибдена, меди и цинка с глубиной возрастает. Весовые отношения Cu:Mo:Zn для медно-молибденовых руд в среднем составляют 36:3:1.

3. Содержание золота, серебра, висмута, селена и теллура в рудах постоянно возрастает от более высокотемпературных стадий минерализации к среднетемпературным. В халькопиритах и пиритах между содержаниями селена, теллура, висмута, золота и серебра наблюдается корреляционная зависимость.

4. В ходе гидротермального процесса с понижением температуры рудообразования содержание элементов группы железа (титан, марганец, ванадий, никель, кобальт и хром) убывает.

5. Заслуживают постановки геологоразведочных работ и изучения участки пород северных эндоконтактовых зон Цавской интрузии, причем в первую очередь следует задать две или три скважины глубиной 350—400 м с учетом контролирующей роли близширотных и меридиональных структур в локализации медно-молибденового оруденения.

Է. Ա. ԿԱԶԱՏՐՅԱՆ, Ի. Ն. ԶԱՐՅԱՆ, Կ. Վ. ԳԱՎԹՅԱՆ

ՄԱՎԻ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՇՐՋԱՆԻ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ԳԵՈՔԻՄԻԱԿԱՆ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Մավի հանքային շրջանի մետաղային հանքավայրերը տարածականորեն կապված են վերին յուրայի, կավձի հասակի հրաբխածին և ինտրուզիվ ապարների հետ:

Մավի շրջանում հանքայնացումը ներկայացված է երակային և երակիկացանավոր տիպերով: Հանքայնացումը ձևավորվել է մի քանի ստադիաներում:

Հանքային շրջանի տարբեր պարագենետիկ միներալային ասոցիացիաների և նրանց փոխհարաբերությունների ուսումնասիրման հիման վրա սահմանված են հանքայնացման հետևյալ վեց ստադիաները. ա) քվարց-մագնետիտային, բ) քվարց-մոլիբդենային, գ) քվարց-պիրիտային, դ) քվարց-խալկոպիրիտային, ե) կարբոնատային և զ) անհիդրիտ-գիպսային:

Մավի հանքային շրջանում նկատվում է հանքային օջախից մետաղների պարզ բերման հետևյալ հաջորդականությունը՝ Mo-Fe-Cu-Zn-Pb:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Аюкян В. Т. Стратиграфия юрских и меловых отложений юго-восточного Зангезура. Изд-во АН Арм. ССР, 1962.
2. Зарьян Р. Н., Саркисян Р. А., Саркисян Г. А., Карапетян А. И., Давтян К. В. О геохимических особенностях пород магматических комплексов Кафанского рудного поля. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, № 6, 1973.
3. Казарян Г. А. Интрузивы юга Армении. Геология Армянской ССР, т. III, Изд-во АН Арм. ССР, 1966.
4. Малхасян Э. Г. Данные об абсолютном возрасте Цавского интрузива. ДАН Арм. ССР, № 4, 1957.
5. Мкртчян С. С. Зангезурская рудоносная область Армянской ССР. Изд-во АН Арм. ССР, 1958.
6. Соловкин А. Н. Интрузии и интрузивные циклы Азербайджанской ССР. Изд-во АН Аз. ССР, 1939.
7. Щербина В. В. Основные черты геохимии теллура. Известия АН СССР, сер. геол., № 5, 1937.