

Г. Շ. ПИДЖЯН

## К ГЕОХИМИИ РУД ДАСТАКЕРТСКОГО МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Изучение минералогического состава и геохимических особенностей руд и пород Дастакертского медно-молибденового месторождения позволяет привести новые данные по распространению в рудах и породах редких и рассеянных элементов и их геохимической характеристике.

В настоящее время на Дастакертском месторождении спектральными и химическими анализами\* установлено 40 химических элементов, которые можно разбить на три основные группы.

1. Первичные элементы вмещающих пород. К этой группе относятся Si, Al, Mg, Ca, Fe, Mn, Ti, Na, K, Ba, S, O, H, которые входят в состав главных породообразующих минералов—гранодиоритов и порфиритов.

2. Элементы, привнесенные в связи с магматическими процессами: Si, Al, Fe, Mg, Mn, Ca, Ba, Sr, S, K, Na, Cu, Mo, Zn, Pb, Bi, Ag, As, Sb, Ti, V, Co, Ni, Cr, Au, Cd, Ga, Se, Ge, In, Re, Te, Zr, Cl, P, Y, La.

3. Элементы, привносимые в связи с супергенными процессами: C, O, H.

На Дастакертском месторождении в процессе минералообразования очень большую роль играла сера, которая будучи минерализатором, способствовала переносу и последующей концентрации многих ценных металлов.

Сера. С ионами серы все тяжелые металлы легко образуют труднорастворимые соединения и именно при участии серы осуществляется концентрация подавляющего большинства металлогенных элементов.

В зависимости от концентрации серы в растворах при кристаллизации образуются различные сульфиды по степени сернистости. Изучение сульфидов Дастакертского месторождения приводит нас к вы-

\* Спектральные анализы руд и отдельных минералов произведены в лаборатории ВСЕГЕИ под общим руководством проф. М. М. Клер, а химические анализы в химической лаборатории ИГН АН АрмССР аналитиками Г. М. Джрбашян, С. А. Дехтрикян и Т. Т. Авакян.

воду, что концентрация серы в растворах была очень высокой, в результате чего образовались сульфиды, богатые серой — пирит, халькопирит и молибденит и не встречается пирротин.

На избыток серы в растворах указывает также образование гипогенного борнита. После образования пирита и халькопирита, в связи с повышением концентрации серы, образовался борнит. В халькопирите соотношение железа и серы почти 1:1, а в борните 1:2.

Кислород играет активную роль в процессах минералообразования. Он в виде иона  $O_2$  и в меньшей степени в виде гидроокисла  $[OH]^{-1}$  является главной составной частью окислов и кислородных солей (силикатов, сульфатов).

По мере приближения к земной поверхности количество свободного кислорода постепенно увеличивается. Этим можно, в частности, объяснить более раннее образование в рудах Дастакерта магнетита и рутила, чем гематита; последний является более богатым кислородом окислом железа.

На Дастакертском месторождении можно отметить явно повышенные, по сравнению с кларком, концентрации следующих рудных элементов: Cu, Mo, Zn, Pb, Mn, As, Bi, Ag, Sb, Ga, Re, Se, Cd, Te. Среди этих элементов значительные концентрации образуют Cu, Mo, Re, Se, Te, Bi, Ag, однако в настоящее время промышленное значение имеют и извлекаются из руд только Cu и Mo.

Таблица 1

Данные о произведенных химических и спектральных анализах руд и минералов Дастакертского месторождения на отдельные элементы

№ п/п	Элементы	Химические анализы			Спектральные анализы		
		колич. анализ.	предел точн. в ‰	аналитик	колич. анализ.	чувствит. метода в ‰	аналитик
1	Co	—	—	—	38	~0,001	О. Г. Квятковская З. Г. Тимонина
2	Ni	1	0,001	Т. Т. Авакян	11	~0,001	
3	Ga	—	—	—	30	~0,003	
4	Ge	2	0,0001	С. А. Дехтрикян	2	~0,001	
5	As	5	0,001	Г. М. Джрбашян	6	~0,03	
6	Ag	—	—	—	22	~0,001	
7	Se	4	0,0001	Т. Т. Авакян	—	—	
8	Cd	—	—	—	13	~0,03	
9	In	—	—	—	2	~0,003	
10	Sb	3	0,001	Г. М. Джрбашян	6	~0,03	
11	Te	2	0,0001	Т. Т. Авакян	1	~0,1	
12	Re	8	0,0001	Г. М. Джрбашян	—	—	
13	Bi	4	0,001	Т. Т. Авакян С. А. Дехтрикян	27	~0,003	

Ниже приводится характеристика распространения редких и рудных элементов в рудах и породах Дастакертского месторождения, расположенных в последовательности порядковых номеров периодической системы элементов Д. И. Менделеева.

Титан встречается в незначительных количествах в гранодиоритах и порфиритах в виде изоморфной примеси. В ороговикоманных

порфиригах и диорит-порфиригах спектральными анализами (в некоторых пробах) отмечаются повышенные содержания титана—от 0,3 до 1 0%. В рудах встречается редко в виде минерала рутила; последний представлен идиоморфными, удлиненными, призматическими кристаллами в полях гипогенного борнита. Титан не характерен для руд Дастакертского месторождения.

Ванадий установлен только спектральными анализами в незначительных содержаниях; в некоторых пробах особенно в минералах зоны окисления и изменения, отмечаются несколько повышенные содержания ванадия от 0,03 до 0,1%. Эти минералы, по-видимому, служили своеобразным фильтром и задержали ванадий, выщелоченный грунтовыми водами из изверженных горных пород. Повышенное содержание ванадия установлено в гематите—до 0,03%. Можно предполагать, что ванадий в гематите присутствует в виде изоморфной примеси, так как радиусы ионов V и Fe очень близки и они очень часто встречаются вместе. Ванадий не характерен для руд и пород Дастакерта.

Марганец встречается в виде следующих соединений: алабандина, родохрозита и манганкальцита; последние развиты на отдельных участках месторождения и представляет самостоятельный тип оруденения.

Алабандин-родохрозитовые прожилки представляют результат последней стадии минерализации гидротермального процесса, а прожилки манганкальцита содержат полиметаллическое оруденение и являются результатом полиметаллической стадии минерализации. Во многих пробах спектральными анализами установлен марганец—от 3 до 10 и более %. Элемент является характерным для Дастакертского месторождения, однако промышленных концентраций не образует.

Железо является характерным элементом для Дастакертского месторождения и входит в состав магнетита, гематита, лимонита, пирита, халькопирита и борнита.

Кобальт установлен спектральными анализами в пиритах в количестве от 0,03 до 0,3% и в псевдоморфных кристаллах халькопирита по пириту в количестве 0,03—0,1%. Кобальт не характерен для медно-молибденовых руд Дастакерта.

Медь является очень характерным и преобладающим элементом в рудах Дастакертского месторождения, представлен многими минералами (халькопиритом, борнитом, энаргитом, теннантитом и др.) и имеет промышленное значение.

Цинк является характерным элементом Дастакертского месторождения и на отдельных участках образует концентрации в виде минерала сфалерита в кварц-карбонат-полиметаллических жилах и прожилках. Кроме того, сфалерит в незначительных количествах встречается также в медно-молибденовых рудах. Наблюдается тесная ассоциация цинка, свинца и меди, которые образуют взаимные изоморфные примеси. В геохимическом отношении эти элементы очень близки

и обладают сильной халькофилией. В медных и медно-молибденовых рудах химическими анализами установлено цинк до 1,0%. В полиметаллических рудах цинк составляет от 3 до 10 и более %, однако промышленного значения не имеет ввиду небольших размеров полиметаллических жил.

Галлий самостоятельных минералов не образует, в природе обычно концентрируется в сфалеритах и в виде  $Ga_2O_3$  известен в минералах алюминия.

Интересно то обстоятельство, что в сфалеритах Дастакертского месторождения спектральными анализами галлий не обнаружен, а в брекчиевидных медных и медно-молибденовых рудах установлены повышенные содержания галлия—от 0,003 до 0,01%. Кроме того, присутствие Ga установлено в окварцованных пиритизированных ороговикованных порфиритах в количестве 0,003—0,01%.

Германий в природных условиях редко образует самостоятельные минералы (германит, рениерит, аргиродит и др.). Наиболее богат германием минерал германит ( $Cu_3GeS_4$ )—8,7%.

На Дастакертском месторождении германий установлен спектральными анализами в двух пробах энаргита в количестве 0,003—0,01%, где, по-видимому, связан с мышьяком. Химическим анализом в халькопирите установлен 0,0006%, а в энаргите—0,0024% Ge.

Мышьяк относится к группе халькофильных элементов, связывается как с кислыми, так и с основными породами и имеет довольно большой термодинамический диапазон от магматических до эпитептермальных месторождений.

На Дастакертском месторождении мышьяк встречается в виде трех соединений: арсенопирита, энаргита и теннантита. Эти минералы имеют сравнительно малое распространение и встречаются на отдельных участках месторождения. Арсенопирит и энаргит развиты главным образом в медно-молибденовых, а теннантит—в полиметаллических рудах.

Арсенопирит установлен микроскопически в виде мелких таблитчатых кристаллов в полях халькопирита и гипогенного борнита. Энаргит встречается в виде отдельных прожилков и также тесно ассоциируется с халькопиритом и борнитом. Теннантит представлен большей частью тонкими прожилками и выделениями неправильной формы в полях халькопирита и сфалерита.

Минералогический состав вышеуказанных руд указывает на тесную ассоциацию мышьяка с Cu и Fe.

Спектральными анализами мышьяк обнаружен в борните—0,1—0,3%; в кварц-полиметаллических прожилках Чичаглинского участка—0,03—0,1% и в медно-молибденовой руде шт. № 16—от 0,1 до 1,0%. Химическими анализами мышьяк установлен в медной руде от 0,05 до 0,58% и в медно-мышьяковой руде—6,58%.

Мышьяк характерен для руд Дастакерта, однако промышленных концентраций не образует.

Молибден является очень характерным и преобладающим элементом в рудах месторождения, представлен молибденитом и имеет промышленное значение.

В геохимическом отношении молибден характеризуется исключительным средством с серой и, как правило, проявляется в кварцевой среде.

Известны две геохимические ассоциации молибдена: 1) с кислыми гранитами в ассоциации с W, Sn, Bi, As и 2) с умеренно-кислыми гранитоидами в ассоциации с Cu. В Дастакертском месторождении молибден связано именно с умеренно-кислыми гранодиоритами, поэтому в рудах Дастакерта минералы W и Sn отсутствуют.

Серебро относится к группе благородных металлов и по своим геохимическим свойствам очень близко к золоту, однако серебро гораздо более халькофильно, чем золото: В природе серебро встречается как в самородном виде, так и связи с различными сульфидами. Элемент очень тесно связан с медью и свинцом, именно они образуют главную массу сульфосолей.

Для руд Дастакертского месторождения серебро является характерным элементом. Выделение серебра происходило в медно-молибденовой и полиметаллической стадиях минерализации. Интересно, что в минералах и рудах медной стадии, в молибдените и в халькопирите первой генерации спектральными анализами серебро не обнаружено.

Значительные концентрации серебра установлены спектральными анализами в брекчиевидных медных рудах—от 0,01 до 0,03%. В медно-молибденовых и полиметаллических рудах имеются повышенные содержания Ag в среднем 0,003%, а в отдельных пробах до 0,01%. Приведенные содержания серебра показывают, что в среднем из тонны смешанной руды можно получить 70—100 г Ag. В медном концентрате химическим анализом установлено Ag—130 г/т.

Высокие содержания серебра установлены: в борните  $>0,03\%$ , в галените—0,03%, в медных рудах штолен 5 и 7—0,03%.

Серебро геохимически тесно связано, главным образом, со свинцом и отчасти с медью. Сульфиды серебра и свинца выделяются при высокой температуре первоначально вместе в виде изоморфной смеси и в дальнейшем при охлаждении галенит выделяет содержащееся в нем серебро в форме мельчайших зерен аргентита. При микроскопических исследованиях в галените Дастакертского месторождения нами обнаружены мельчайшие выделения аргентита.

Селен по своим свойствам очень близок к сере и обычно встречается вместе с теллуrom.

В медно-молибденовых рудах Дастакертского месторождения химическими анализами установлены высокое содержание селена, причем оно связано именно с молибденитом и, возможно, что наряду с обычным в рудах присутствует и селенистый молибденит.

В 1954 г. при микроскопических исследованиях медно-молибденовых руд Дастакерта И. Г. Магакьян и автор обратили внимание на

присутствие в молибдените необычных по своим свойствам чешуек, отличающихся от обычного молибденита повышенной отражательной способностью, белым цветом и сравнительно слабой анизотропностью, но во всем остальном аналогичных молибдениту. Эти наблюдения были описаны, но тогда не могли быть правильно расшифрованы. В настоящее время можно полагать, что вышеуказанные различия молибденитов связаны с содержанием селена, т. е. присутствием селенистого молибденита. Химическими анализами в молибденитах установлен Se от 0,025 до 0,04%; в халькопиритах от 0,01 до 0,15%.

Таким образом, селен является характерным элементом в медно-молибденовых рудах Дастакерта и представляет определенный практический интерес.

Кадмий в Дастакертском месторождении установлен только в полиметаллических рудах, где он связан главным образом со сфалеритом. Спектральные анализы полиметаллических руд показывают высокие содержания кадмия—от 0,03 до 3,0%. Особенно высокие содержания кадмия установлены в полиметаллических рудах шт. № 40, где Cd составляет от 1 до 3% (в шт. 40 сфалериты представлены светлоокрашенными разностями).

Спектральные анализы мономинеральных проб сфалеритов показывают значительные содержания Cd (до 3%), что дает нам основание сфалериты Дастакертского месторождения отнести к пришибрамитам.

Повышенное содержание Cd установлено также в медной руде шт. 14—0,03—0,1%.

Кадмий практического значения не имеет, так как полиметаллические руды на Дастакертском месторождении имеют небольшое распространение.

Индий установлен только в чистом сфалерите из северной стенки карьера 2 в количестве 0,003%. Тесно ассоциируется с кадмием. Не характерен для медно-молибденовых руд Дастакертского месторождения.

Сурьма. Единственным минералом сурьмы в Дастакертском месторождении является тетраэдрит, который встречается в полиметаллических рудах в виде тонких волосянных прожилков в полях халькопирита и сфалерита.

Спектральными анализами высокие содержания сурьмы установлены в энаргитах—от 1 до 3%, где, по всей вероятности, сурьма присутствует в виде изоморфной примеси и тесно связана с мышьяком.

Повышенные содержания сурьмы обнаружены спектральными анализами: в борните - 0,1%, в галените—0,1%, в медной руде шт. 16—0,03% и в полиметаллической руде Чичаглинского участка—0,03%. Химическими анализами в медной руде установлен Sb—0,005%, а в полиметаллической руде—0,03%.

Сурьма не характерна для руд Дастакертского месторождения. Теллур установлен спектральным анализом только в одной

пробе—в пирите шт. № 7 в количестве 0,1%. Химическими анализами в халькопирите установлен  $\text{Te}—0,005\%$  (50 г/т), а в медно-молибденовой руде—0,002%. Указанные содержания теллура дают основание поставить вопрос о попутном извлечении теллура из руд Дастакерта.

Рений в природе самостоятельных минералов не образует. По своим свойствам сходен с молибденом и в виде изоморфной примеси входит в состав молибденита. Рений представляет редкий и весьма ценный металл, область применения которого непрерывно расширяется. Наиболее реальным источником, из которого извлекается рений, являются молибденовые концентраты.

Спектральными анализами рений не определялся. Однако, химическими анализами, произведенными в различных лабораториях, достоверно установлены высокие содержания рения в молибдените от 0,011 до 0,050%; в молибденовом концентрате—0,035% (350 г/т) и в медно-молибденовых рудах от 0,0004 до 0,001%. Эти данные дают основание поставить вопрос об извлечении рения из медно-молибденовых руд Дастакерта.

Золото относится к группе халькофильных элементов и в природе ассоциируется больше всего с Ag, Cu, Pb, Fe и As. Встречается золото обычно в самородном виде, редко образует теллуристые и селенистые соединения.

В медно-молибденовых рудах Дастакерта золото нами было установлено при микроскопических исследованиях. Оно встречается в полях гипогенного борнита в виде мелких округлых зерен в тесной ассоциации с идиоморфными кристаллами кварца.

Химически золото установлено в медном концентрате Дастакерта. Золото представляет ценную примесь в рудах и совместно с серебром его следует извлекать из медного концентрата Дастакертского месторождения.

Свинец является характерным элементом в рудах Дастакерта. Обладает сильной халькофилией и встречается в основном в виде сернистых соединений. В медно-молибденовых рудах присутствует в виде минерала галено-висмутита, а также в форме мелких включений и тонких прожилков галенита, последний образовался в более поздних трещинках и накладывается на медно-молибденовое оруденение.

В количестве от 0,003 до 0,03%, редко до 1,0% свинец установлен почти во всех пробах медно-молибденовых руд.

В мономинеральных пробах молибденитов установлен Pb от 0,003 до 0,3%, причем в молибденитах второй генерации обнаружены значительно повышенные содержания свинца—от 0,03 до 0,3%. В мономинеральных пробах халькопиритов содержания Pb составляют от 0,001 до 0,03%.

В полиметаллических рудах свинец образует довольно крупные скопления в виде прожилков и вкрапленников галенита; последний особенно тесно ассоциируется с сфалеритом, пиритом, халькопиритом, блеклыми рудами, кварцем и карбонатами.

В полиметаллических рудах свинец установлен в количестве от 0,1 до 3,0%.

В мономинеральных пробах сфалеритов содержание свинца составляет от 0,03 до 1,0%.

Повышенные содержания свинца установлены: в борните—0,3—1,0%, в пиритах—0,03—0,1%, в медно-молибденовых и медных рудах шт. № 14—от 0,3 до 1,0% и в окисленных лимонитизированных, измененных породах (содержащих вторичные минералы меди)—0,1—0,3%.

В рудах Дастакерта свинец промышленного значения не имеет.

Висмут принадлежит к числу рассеянных элементов и относится к группе полуметаллов. Характерной особенностью висмута является то, что он в виде комплексного сульфоаниона с катионами меди, свинца и серебра образует большое число сульфосолей.

Для руд Дастакертского месторождения висмут является очень характерным элементом. Образование висмута связано, главным образом, с медно-молибденовой стадией минерализации. В рудах и минералах медной стадии висмут не обнаружен. В кварц-карбонат-полиметаллической и карбонат-алабандин-мельниковитовой стадиях минерализации висмут играл незначительную роль и присутствует в этих рудах в виде изоморфной примеси (самостоятельных минералов не образует).

В медно-молибденовых и медных рудах висмут присутствует в виде следующих минералов; виттихенита, эмплектита, висмутина, галенобисмутита и висмут—содержащей блеклой руды, которые представлены в виде мельчайших зерен в полях халькопирита и гипогенного борнита.

Спектральными анализами во всех пробах медно-молибденовых и медных руд установлены высокие содержания висмута.

В мономинеральных пробах молибденитов установлен висмут от 0,03 до 0,1%, причем указанные содержания висмута присутствуют только в молибдените второй генерации. В крупнокристаллическом молибдените первой генерации висмут не обнаружен.

В мономинеральных пробах халькопиритов установлен висмут от 0,03 до 0,3%, причем указанные содержания висмута также присутствуют только в халькопирите второй генерации. В халькопирите первой генерации и в псевдоморфных кристаллах халькопирита по пириту висмут не обнаружен. В гипогенном борните установлен Вi—от 0,03 до 0,1%. Химическим анализом в медной руде шт. № 2 установлен Вi—0,06%, а в медной руде шт. № 16—0,025%.

Для полиметаллических руд висмут не характерен, однако, в некоторых пробах присутствует в повышенных содержаниях—от 0,001 до 0,03%.

В мономинеральных пробах сфалерита висмут присутствует в незначительных количествах и не всегда. Однако, в галените установлено высокое содержание висмута—0,1—0,3%.

В мономинеральных пробах пиритов висмут обнаружен только в пирите второй генерации (пирит медно-молибденовых руд) в количестве 0,1—0,3%. Повышенные содержания висмута установлены: в энаргите—0,03% и в алабандине—0,01—0,03%.

На основании вышеизложенного можно заключить, что медно-молибденовые и медные руды Дастакерта характеризуются высоким содержанием висмута, который тесно ассоциируется главным образом с минералами, образовавшимися в медно-молибденовую стадию минерализации. Высокие содержания висмута дают основание поставить вопрос о побочном извлечении висмута из руд Дастакертского месторождения.

В результате детальных исследований нами выделяются 4 стадии минерализации для Дастакертского месторождения, которые характеризуются специфическим составом рудоносных растворов, различной минерализацией и своеобразным пространственным расположением.

Из геохимических особенностей отдельных рудных минералов Дастакертского месторождения следует отметить следующие: 1. Присутствие Re, Se, Cu, Pb, Ag и Bi в молибденитах в виде изоморфной примеси, причем различные генерации молибденита резко отличаются по элементарному составу. В молибдените второй генерации установ-

Таблица 2

Стадии минерализации Дастакертского месторождения и место появления максимумов концентрации рудных элементов

№№ п/п	Стадии минерализации	Э л е м е н т ы	
		характерные, образующие максимумы концентрации	нехарактерные присутствующие в незначит. количестве
1	Медная (главным образом в эндоконтакте гранодиоритов)	Cu, Mo, Re, Se, Te	Pb, Mn, Co, Zn, Cd, Ni, Ti
2	Медно-молибденовая (главным образом в экзоконтактной зоне среди порфиритов) наиболее важная в промышленном отношении	Cu, Mo, Bi, As, Ag, Re, Se, Te, Au, Ge	Pb, Zn, Mn, Ni, Co, Cd, Sb
3	Кварц-карбонат-полиметаллическая (в гранодиоритах и в порфиритах)	Pb, Zn, Ag, Cd, In	Cu, Bi, As, Sb, Mo, Mn, Co, Se, Te, Au
4	Карбонат-алабандин-мельниковитовая (в гранодиоритах и в порфиритах)	Mn	Cu, Zn, Pb, Bi

лены высокие содержания Bi и Ag. Эти элементы в молибдените первой генерации не обнаружены. Кроме того, содержание свинца в молибдените второй генерации более высокое, чем в молибдените первой. Известия XI, № 4—2



вой генерации. 2. В халькопиритах второй генерации установлены довольно высокие содержания Mo, Pb, Ag и Bi. Эти элементы в халькопирите первой генерации или вовсе не обнаружены (Mo, Bi), или присутствуют в незначительных количествах (Pb, Ag). 3. Гипогенный борнит в виде изоморфной примеси содержит значительно повышенные концентрации Pb, Ag, Sb, Bi и As. 4. Пириты всех генераций характеризуются повышенными содержаниями Co, Cu, Pb и Ag. Кроме того, в пирите второй генерации отмечаются высокое содержание Bi и повышенные содержания Mo и Te. Эти элементы не обнаружены в пиритах других генераций. 5. Сфалериты характеризуются очень высокими содержаниями Cd—до 3%, что дает нам основание их отнести к пршибрамиту—богатой кадмием разновидности. 6. В галените установлены высокие содержания Cu, Zn, Bi, Ag, Sb и Cd в виде изоморфной примеси. 7. В гематите установлены высокие содержания Ti и V. 8. Энаргиты характеризуются высокими содержаниями Sb, Ag, Ge и повышенными содержаниями Pb, Bi, Mo. По-видимому, все эти элементы присутствуют в энаргитах в виде изоморфной примеси.

Ниже приводится сравнительная таблица, указывающая на степень концентрации главнейших промышленных, характерных и некоторых редких элементов в рудах Дастакертского месторождения.

Таблица 3

Элементы	Кларк в земной коре в ‰	Среднее содержание в ‰ (на основании хим. и спектральных анализов)			Фактор концентрации
		богатые брекчиевидн. Cu—Mo руды	богатые прожилково-вкрапленные Cu—Mo руды	полиметаллические руды	
Cu	0,01	1,5	—	—	150
Cu	0,01	—	1,0	—	100
Mo	0,001	1,0	—	—	1000
Mo	0,001	—	0,05	—	60
Bi	0,0002	0,15	—	—	7500
Ag	0,0001	0,01	—	—	1000
Ag	0,00001	—	0,003	—	300
Ag	0,0001	—	—	0,003	300
Pb	0,012	—	—	0,68	340
Zn	0,02	—	—	6,0	30
Cd	0,00005	—	—	0,35	700
Re	0,00001	0,0007	—	—	700

Процессы окисления в Дастакертском месторождении проявились слабо и поэтому нет хорошо выраженной зоны окисления. С геохимической точки зрения развитие процесса окисления характеризуется значительным привнесом O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>.

При супергенных процессах отмечается частичная миграция меди, цинка, свинца и мышьяка на глубину.

В Дастакерте окисленные минералы молибдена почти не разви-

ты, так как молибден только частично выпадает из растворов в пределах зоны окисления. В основном он мигрирует, выносится водами. Этому способствует отсутствие сильных нейтрализаторов и инертная обстановка района, обязанная составу вмещающих пород.

По данным Н. И. Долухановой [3], в районе Дастакертского месторождения молибден содержится во всех водах, повышенные его содержания обнаружены во всех рудничных водах, а также в поверхностных и грунтовых водах Мегрилинского участка. В водах минеральных источников молибден отсутствует.

Циркулирующие на месторождении воды способны растворять и удерживать в своем составе молибден. Они в дальнейшем выносят молибден на дневную поверхность и заражают им почвенные образования, грунтовые и поверхностные водотоки, в результате чего вокруг месторождения образуется ореол рассеивания молибдена, который может служить поисковым критерием.

Медь отсутствует в поверхностных и грунтовых водах, незначительное содержание меди отмечается иногда в рудничных водах.

Широкое развитие в Дастакерте окисленных медных минералов говорит о процессах обогащения в зоне окисления медью, а не о выщелачивании меди из нее.

Изучение рудопроявлений и рудных участков, тяготеющих в Дастакертскому месторождению, показывает, что руды указанных участков характеризуются повышенными содержаниями тех элементов, которые очень характерны для Дастакерта—Cu, Mo, Re, Ag, Se, Te, Pb, Zn. Исключение составляет только висмут; последний образует значительные концентрации в медно-молибденовых рудах Дастакерта и не обнаружен в рудах других участков.

На основании вышеизложенного можно заключить, что район Дастакертского месторождения (со всеми рудопроявлениями) представляет единую геохимическую провинцию, характеризующуюся значительными концентрациями определенного комплекса элементов с их специфическими геохимическими особенностями.

### Основные выводы

1. Изучение геохимических особенностей руд показывает, что в рудах Дастакертского месторождения повышенные концентрации образуют следующие элементы: Cu, Mo, Zn, Pb, Mn, Bi, Ag, As, Re, Se, Te и Cd, среди которых наиболее значительные концентрации образуют Cu, Mo, Bi, Ag, Re, Se, Te, однако в настоящее время промышленное значение имеют только Cu и Mo.

2. Наблюдается определенная закономерность в распределении и концентрации редких элементов в различных типах руд. В медно-молибденовой руде высокие концентрации образуют Re, Se, Bi, Te, Ag, As, Ge, а в полиметаллической руде—Cd, In, Sb, Ag.

Кроме того, в составе руд редкие элементы связаны с отдельны-

ми минералами; так, например, в медно-молибденовой руде Re и Se, главным образом, связаны с молибденитом, а As, Bi, Te, Ag и Ge с халькопиритом. В полиметаллической руде—Cd и In связаны с сфалеритом, а Bi, Sb, Ag с галенитом.

3. Различные стадии минерализации характеризуются своеобразным элементарным составом и высокой концентрацией определенных рудных элементов (таблица 2). Для медной стадии минерализации характерны и максимум концентрации образуют—Cu, Mo, Re, Se, Te. Для медно-молибденовой стадии Cu, Mo, Bi, As, Ag, Re, Se, Te, Au, Ge, кварц-карбонат-полиметаллической стадии—Pb, Zn, Ag, Cd, In и карбонат-алабандин-мельниковитовой стадии—Mn.

4. Из геохимических особенностей отдельных минералов следует отметить; присутствие Re, Se, Te, Ge, Pb, Bi и Ag в молибденидах и халькопиритах второй генерации. Повышенные содержания Pb, Ag, Sb, Bi и As в гипогенном борните. Высокие содержания Co, Cu, Pb, Ag во всех генерациях пирита и повышенные содержания Bi, Mo и Te в пирите второй генерации. Очень высокие содержания Cd в сфалеритах. Высокие содержания Cu, Zn, Bi, Ag, Sb, Cd в галентинах и, наконец, высокие содержания Sb, Ag, Ge и повышенные содержания Pb, Bi и Mo в энаргитах.

5. В медном концентрате Дастакерта высокие содержания висмута, теллура, серебра и германия, а в молибденовом концентрате рения и селена дают основание поставить вопрос о побочном извлечении этих ценных металлов.

Институт геологических наук

АН АрмССР

Поступила 1 V 1958

#### Գ. Ն. ՊԻՋՅԱՆ

### ԴԱՍՏԱԿԵՐՏԻ ՊՂԻՆՉ-ՄՈՒԼԻԲԴԵՆԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ԳԵՈՔԻՄԻԱՅԻ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՁԸ

#### Ա մ փ ո փ ու լ մ

Հեղինակը մանրակրկիտ ուսումնասիրելով Դաստակերտի հանքանյութի միներալոգիական կազմը և հիմնվելով բազմաթիվ սպեկտրալ և քիմիական անալիզների արդյունքների վրա սույն հոդվածում ավել է Դաստակերտի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրի գեոքիմիական բնութագիրը:

Մինչև այժմս Դաստակերտի հանքանյութում հաստատված է 40 քիմիական էլեմենտների առկայություն, որոնց կարելի է ստորաբաժանել 3 հիմնական խմբի՝ 1. պարունակող ապարների առաջնային էլեմենտներ, 2. մագմատիկական պրոցեսների հետ կապված և նրանց միջոցով ներթերված էլեմենտներ և 3. սուպերգեն պրոցեսների հետ կապված և նրանց միջոցով ներթերված էլեմենտներ:

Հոդվածում մանրամասն բնութագրվում է հանքանյութում հայտնաբերված չուրաքանչուր էլեմենտը, ցույց է տրվում թե ինչ ձևով է նա հանդես գալիս, ինչպիսի քանակություններ է կազմում տարրեր տիպերի հանքանյութերում և միներալներում ինչ դեր է կատարում հանքավայրում և ինչ արդյունաբերական նշանակություն ունի:

Ուսումնասիրելով Դաստակերտի պղինձ-մոլիբդենային հանքանյութի գեոքիմիան, հեղինակը հանդում է հետևյալ հիմնական եզրակացությունների՝

1. Դաստակերտի հանքանյութում բարձր կոնցենտրացիաներով (Կլարկի հետ համեմատած) հանդես են գալիս՝ Cu, Mo, Zn, Pb, Mn, Bi, Ag, As, Re, Se, Te, Cd, որոնց թվում էլ ավելի բարձր կոնցենտրացիաներ են կազմում՝ Cu, Mo, Bi, Ag, Re, Se, Te, բայց մինչև այժմ արդյունաբերական նշանակություն ունեն միայն Cu և Mo:

2. Տարբեր տիպերի հանքանյութերի մեջ նկատվում է էլեմենտների տարածման և կուտակման որոշակի օրինաչափություններ: Պղինձ-մոլիբդենային հանքանյութում բարձր կոնցենտրացիաներով հանդես են գալիս՝ Re, Se, Bi, Te, Ag, As, Ge, իսկ բազմամետաղային հանքանյութում՝ Cd, In, Sb, Ag. Բացի դրանից, հազվագյուտ էլեմենտները կապված են հանքանյութում գրանդոլդ առանձին միներալների հետ. այսպես, օրինակ, պղինձ-մոլիբդենային հանքանյութում Re և Se կապված են գլխավորապես մոլիբդենիտի հետ, իսկ As, Bi, Te, Ag և Ge խալկոպիրիտի հետ, բազմամետաղային հանքանյութում Cd և In կապված են սֆալերիտի հետ, իսկ Bi, Sb, Ag-ը գալենիտի հետ:

3. Միներալառաջացման ստորեր ստադիաները բնորոշվում են յուրահատուկ էլեմենտար կազմությամբ և որոշակի հանքային էլեմենտների մաքսիմում կոնցենտրացիաներով: Միներալառաջացման պղնձային ստադիայում բնորոշ են և մաքսիմում կոնցենտրացիաներ են կազմում՝ Cu, Mo, Re, Se, Te, պղինձ-մոլիբդենային ստադիայում՝ Cu, Mo, Bi, As, Ag, Re, Se, Te, Au, Ge, կվարց-կարբոնատ բազմամետաղային ստադիայում՝ Pb, Zn, Ag, Cd, In և կարբոնատ-ալաբանդին-մելնիկովիտային ստադիայում՝ Mn.

4. Առանձին էլեմենտների գեոքիմիական առանձնահատկություններից անհրաժեշտ է նշել երկրորդ գեներացիայի մոլիբդենիտում և խալկոպիրիտում՝ Re, Se, Te, Ge, Pb, Bi, Ag-ի առկայությունը: Հիպոգեն բոռնիտում՝ Pb, Ag, Sb, Bi, As-ի բարձր պարունակությունները: Պիրիտի բոլոր գեներացիաներում՝ Co, Cu, Pb, Ag-ի բարձր պարունակությունները և պիրիտի երկրորդ գեներացիայում՝ Bi, Mo և Te-ի առկայությունը: Սֆալերիտում կազմիումի շատ բարձր պարունակությունը, գալենիտում՝ Cu, Zn, Bi, Ag, Sb-ի բարձր պարունակությունները և էնարգիտում՝ Sb, Ag, Ge-ի բարձր պարունակությունները և Pb, Bi, Mo-ի առկայությունը:

5. Դաստակերտի պղնձային կոնցենտրատում՝ Bi, Ag, Te, Ge-ի, իսկ մոլիբդենային կոնցենտրատում Re, Se-ի բարձր պարունակությունները կարող են հիմք ծառայել այդ արժեքավոր մետաղներն արդյունահանելու համար:

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Берг Г. Геохимия месторождений полезных ископаемых. Изд. 2, ОНТИ, 1937.
2. Бетехтин А. Г. О влиянии режима серы и кислорода на парагенетические соотношения минералов в рудах. Изв. АН СССР, сер. геол., 1949, № 3.
3. Долуханова Н. И. Опыт применения гидрохимической съемки на медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР. Изд. Ак. наук АрмССР, 1958.
4. Магакьян И. Г. Рассеянные и редкоземельные металлы. Изд. АН АрмССР, 1957.
5. Сауков А. А. Геохимия. Госгеолиздат, 1951.