

С. Т. БАДАЛОВ, Г. О. ПИДЖЯН

СРАВНИТЕЛЬНАЯ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЛЬМАКЫР (Уз. ССР)
И КАДЖАРАН (Арм. ССР)

Сравнительные исследования однотипных месторождений, расположенных в различных рудных регионах и относящихся к разному возрасту, позволяют выявить общие особенности их образования.

Рассмотрение геологических (табл. 1), минералого-геохимических (табл. 2, 3, 4) особенностей, а также процессов околорудных изменений и некоторых вопросов оруденения на медно-молибденовых месторожде-

Таблица 1

Некоторые сравнительные данные по геологии медно-молибденовых месторождений Кальмакыр и Каджаран

	М е с т о р о ж д е н и я	
	Кальмакыр	Каджаран
Вмещающие породы и их примерный возраст	Массив габбро-монцитито-сиенито-диоритов (площадь около 70 км ²) карбонового возраста	Массив монцитито-диорито-сиенито-диоритов. Верхний эоцен-нижний миоценового возраста
Околорудные изменения пород (от ранних к поздним) и время их образования	Хлоритизация, ангидритизация, серицитизация, окварцевание. Возраст оруденения принимается как верхнепермский-нижнетриасовый	Серицитизация, окварцевание. Возраст оруденения устанавливается как олигоцен-миоценовый
Морфогенетические особенности оруденения	Прожилково-вкрапленное, реже жильное, оруденение в интенсивно измененных породах	Прожилково-вкрапленное, реже жильное оруденение в интенсивно измененных породах
Примерный вертикальный интервал оруденения (с учетом эрозионного среза)	От 200—300 м (от поверхности в момент оруденения) до 1200—1500 м	От 300—500 до >1000 м

ниях Каджаран и Кальмакыр, с учетом имеющихся данных (1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11 и др.), приводит к положению, что независимо от возраста вмещающих оруденение пород и возраста оруденения, на обоих месторождениях медно-молибденовому оруденению предшествуют интенсивные процессы серицитизации и окварцевания, а также и ангидритизации (Кальмакыр) интрузивных пород монцитит-сиенито-диоритового состава. Оруденение по отношению к вмещающим породам может быть по возрасту

Таблица 2

Схема стадийности развития эндогенного рудообразования на месторождениях Каджаран и Кальмакыр

Стадии	Каджаран	Кальмакыр
I	Полевоспат-кварц-магнетитовая	Кварц-ангидрит-магнетитовая
II	Кварц-молибденитовая	Кварц-ангидрит-молибденитовая
III	Кварц-халькопирит-молибденитовая	Кварц-халькопирит-молибденитовая (проявлена очень слабо)
IV	Кварц-пиритовая	Кварц-ангидрит-пиритовая
V	Кварц-халькопиритовая	Кварц-ангидрит-халькопиритовая
VI	Кварц-карбонат-сфалерит-галенитовая	Кварц-ангидрит-сфалерит-галенитовая
VII	Карбонат-халцедоновая	
VIII	Ангидрит-гипсовая	Кальцит-цеолит-ангидритовая

как значительно более молодым (Кальмакыр), так и сравнительно близким (Каджаран), однако на обоих месторождениях предшествующим и сопровождающим оруденение весьма интенсивным процессам изменений подвергнуты породы монзонит-сиенито-диоритового состава. Очевидно этот фактор — один из важнейших при объяснении причин приуроченности оруденения к указанным вмещающим породам.

Оруденение на обоих месторождениях контролируется тектоническими нарушениями различных масштабов, возникшими в определенной последовательности. На примере Алмалыкского рудного района устанавливается зависимость между ослаблением тектонических процессов и тесно с ними связанными проявлениями рудообразования [3]. Последнее прослеживается как между этапами оруденения, соответствующими образованию месторождений, относящихся к различным рудным формациям, так и в пределах каждого этапа, т. е. от ранних его стадий к поздним.

В некоторых случаях это проявляется в виде горизонтальной и вертикальной зональности оруденения. Возникновение всего комплекса эндогенных минералов, известных на рассматриваемых месторождениях, протекало в 6—8 стадий рудообразования, которые, за некоторыми исключениями, также во многом очень сходны между собой (табл. 2).

Наиболее характерной особенностью эндогенного оруденения Кальмакыра является ангидритизация вмещающих пород и наличие жильного ангидрита наравне с кварцем во всех стадиях рудного процесса. На Каджаране же ангидритом завершается оруденение.

Сравнение комплексов эндогенных минералов Кальмакыра и Каджарана (табл. 3), с учетом опубликованных данных [1, 4, 5, 6, 9, 11, 12 и др.], также свидетельствует о большом сходстве месторождений. Небольшие различия имеются в количественном распределении ведущих минералов, а также в комплексах второстепенных и особенно очень редких минералов.

Таблица 3

Сравнительная минералогическая характеристика месторождений
Каджаран и Кальмакыр

	Каджаран		Кальмакыр	
Главные	Кварц Анкерит Калишпат Хлорит Серицит Каолинит	Халькопирит Молибденит Пирит Сфалерит Галенит Магнетит	Кварц Ортоклаз Биотит Серицит Хлорит Ангидрит Эпидот	Магнетит Пирит Халькопирит Молибденит Золото
Второ- степен- ные	Биотит Адуляр Сидерит Кальцит Ангидрит	Гематит Борнит Энаргит Люцонит Теннантит Тетраэдрит	Флогопит Шпинель Кальцит Цеолиты	Гематит Пирротин Сфалерит Галенит
Редкие		Висмутин Рутил Ильменит Виттихенит Галеновисмутит	Апофиллит Пренит Турмалин Барит Флюорит Анкерит Тальк	Арсенопирит Ильменит Марказит Борнит Блеклые руды Виттихенит
Очень редкие	Аргентит Эмплектит Теллуrowисмутит Петцит Айкинит Креннерит Тетрадимит Мушкетовит	Алтант Гессит Теллур самор. Золото самор. Серебро самор. Висмут самор. Пирротин Шеелит Бурнонит	Форстерит Апатит Циркон Арагонит	Вольфрамит Креннерит Аргентит Гессит Серебро самор. Рутил Сфен Анатаз

В отличие от Каджарана, Кальмакыр характеризуется высоким содержанием золота, минералом—носителем которого является пирит, а концентратом — халькопирит [2].

Из эндогенных жильных минералов на Кальмакыре ангидрит является одним из важнейших. В количественном отношении он уступает только кварцу, а в отдельных зонах почти все сульфидное оруденение находится в ангидритовых жилах.

Другой особенностью Кальмакыра является резкое преобладание в его рудах пирита над всеми остальными рудными минералами, что обусловлено значительным выносом железа из вмещающих пород при различных их изменениях, предшествующих оруденению [2].

Распределение элементов-примесей в главных минералах Каджарана и Кальмакыра (в г/т)

Таблица 4

Элементы-примеси	Молибденит		Пирит		Халькопирит		Сфалерит		Галенит	
	Каджаран	Кальмакыр	Каджаран	Кальмакыр	Каджаран	Кальмакыр	Каджаран	Кальмакыр	Каджаран	Кальмакыр
Рений	400 (96)	1500 (20)	1,4 (7)	1,2 (8)	1,4 (11)	2,6 (9)	не обн.	—	не обн.	3,4 (1)
Селен	323 (104)	140 (8)	71 (45)	40 (77)	186 (81)	83 (34)	42 (18)	3,5 (9)	192 (22)	60 (8)
Теллур	46 (104)	45 (5)	53 (45)	16 (77)	54 (81)	10 (34)	43 (18)	13 (12)	136 (22)	28 (7)
Кадмий	—	—	—	—	30 (10*)	25 (1)	3500 (12*)	2000 (18)	—	—
Индий	—	—	—	сл (17)	1,5 (10*)	11 (29)	17 (5*)	75 (12)	—	4,2 (10)
Висмут	31 (11)	—	36 (7)	50 (31)	144 (10)	70 (25)	38 (5)	25 (6)	573 (5)	330 (4)
Серебро	20 (13*)	40 (1)	35 (7)	36 (30)	128 (7)	65 (20)	108 (3)	170 (4)	644 (2)	450 (3)

* Данные спектральных анализов: в скобках приведено количество анализов.

Для сравнения рассматриваемых месторождений по элементам-примесям взяты их главнейшие рудные минералы — молибденит, пирит, халькопирит, сфалерит и галенит (табл. 4). При составлении табл. 4 использованы все имеющиеся данные [1, 2, 4, 10, 11, 12, 13 и др.].

Из большого числа элементов-примесей, известных на месторождениях Каджаран и Кальмакыр, ниже рассматривается только поведение рения, селена, теллура, кадмия, индия, висмута и серебра, которые могут представить определенный интерес.

Рений — один из характерных элементов этих месторождений. Минералом-концентратом его является молибденит, содержащий рений от 400 г/т для Каджарана до 1500 г/т для Кальмакыра. По содержанию рения в молибденитах Кальмакыр является уникальнейшим в мире месторождением. Несмотря на столь высокое содержание рения в молибдените Кальмакыра, минералом-носителем его на этом месторождении является пирит, в котором содержание рения составляет всего около 1,2 г/т, а от общего его количества в рудных минералах — более 70% [2].

Последнее свидетельствует о том, что геохимия рения не завершается отложением молибденита, а в некоторых случаях даже основная масса его фиксируется не в молибдените, который обычно является его концентратом, а в других минералах. Наиболее вероятная форма нахождения рения в молибдените, кроме изоморфной, это также собственные изоструктурные соединения — ReS_2 и ReSe_2 .

Селен. Его содержание в рудных минералах Каджарана почти в 2—3 раза выше, чем в соответствующих минералах Кальмакыра. Минералом-концентратом селена на обоих месторождениях является молибденит. Минералом-носителем селена на Кальмакыре служит пирит, в котором, от общего количества в рудных минералах, он составляет более 90%.

Весьма характерно, что если в пределах одной рудной провинции содержание селена в молибденитах обычно находится в прямой зависимости от количества рения в них, то для различных провинций подобной же зависимости не устанавливается. Так, например, если в Каджаране при 400 г/т рения в молибдените содержание селена более 320 г/т, то на Кальмакыре это соответственно составляет 1500 г/т рения и 140 г/т селена.

В связи с резко повышенными содержаниями селена в Каджаране его количество почти не уменьшается от ранних минералов к более поздним, тогда как в Кальмакыре устанавливается понижение содержания селена в рудных минералах к концу рудообразования. Наиболее вероятная форма нахождения — изоморфное вхождение.

Теллур. Его поведение на медно-молибденовых месторождениях несколько иное, чем селена. Содержание теллура по сравнению с селеном в минералах значительно меньше, иногда почти в 10 раз. Несмотря на это, на месторождении Кальмакыр на минерал-носитель теллура — пирит приходится теллура более 90% от его общего количества в рудных минералах, а кларк концентрации теллура в 20 раз выше, чем селена [2].

Если же взять отношение этой величины к величине отношения кларков теллура к селену для земной коры ($0,001 : 0,05 = 0,02$), то получится — $20 : 0,02 = 1000$. Последняя величина и характеризует геохимические особенности теллура в Кальмакыре, т. е., несмотря на невысокие абсолютные содержания теллура по сравнению с селеном в пиритах, Алмалыкский рудный район следует считать в большей степени своеобразной теллуровой провинцией, так как относительные концентрации теллура по отношению к селену в 1000 раз выше [3].

Форма нахождения теллура в значительной степени зависит от его содержания в минералах. В связи с этим, если для Кальмакыра, при сравнительно низких содержаниях теллура в минералах, более характерно изоморфное вхождение его в сульфидные соединения, то на Каджаране имеется больше возможностей появления различных теллуридов.

К а д м и й. Обычно не образует высоких концентраций в медно-молибденовых месторождениях. Даже в сфалерите, являющемся концентратом кадмия, его среднее содержание в Каджаране не превышает 3500 г/т, а в Кальмакыре всего 2000 г/т, тогда как в халькопиритах количество кадмия не превышает 25—30 г/т.

В связи с тем, что халькопирит резко преобладает над сфалеритом, в рассматриваемых месторождениях обычно он и является минералом-носителем кадмия. Если в сфалерите кадмий находится в изоморфном состоянии, то в халькопирите, кроме изоморфного вхождения [1], часть кадмия несомненно присутствует совместно со сфалеритом (эмульсионная вкрапленность).

И н д и й. Имеющиеся немногочисленные данные свидетельствуют о сравнительно низких содержаниях индия, который концентрируется обычно только в сфалеритах. Некоторый интерес имеет нахождение индия в халькопирите, являющемся главнейшим компонентом руд. Вероятная форма нахождения — изоморфная при малых содержаниях и присутствие собственных соединений при высоких.

В и с м у т — один из характерных элементов сульфидных минералов. Значительный интерес имеет приуроченность висмута в повышенных содержаниях к халькопириту и галениту. Особенностью висмута на рассматриваемых месторождениях является то, что несмотря на более высокие его содержания в халькопиритах, сфалеритах и галенитах Каджарана, чем Кальмакыра, в последнем, однако, пириты несколько более богаты висмутом. Очевидно, что по этой причине, когда в связи с преобладанием пирита над всеми остальными минералами в нем находится более 90% висмута, на долю всех рудных минералов Кальмакыра приходится лишь очень небольшая часть висмута, связанного с сульфидами. Форма нахождения висмута в минералах различна — большая его часть образует собственные соединения, тяготеющие к определенным минералам, а значительно меньшее его количество, особенно при очень низких содержаниях (менее 50—100 г/т), находится в изоморфном состоянии.

Серебро — в рудных минералах обоих месторождений содержится в незначительных количествах. Для медно-молибденовых месторождений серебро вообще не характерно и, поэтому, даже в минерале-концентраторе серебра-галените его содержание находится в пределах 450—650 г/т. Значительная часть серебра в минералах, при отсутствии золота, образует в них собственные соединения и лишь частично присутствует в изоморфном состоянии. При наличии золота серебро в очень небольших количествах находится совместно с ним.

Золото в рассматриваемых месторождениях, особенно в Кальмакыре, является одним из главнейших компонентов руд. Его минералами-концентраторами являются халькопириты и галениты, а минералом-носителем для Кальмакыра служит пирит, к которому приурочено не менее 60% золота, связанного с рудными минералами [2]. Золото, обнаруживаемое в рудных минералах, находится в них, главным образом, в виде самородных включений и лишь небольшая часть образует различные теллуриды.

Таким образом, результаты сравнения свидетельствуют об очень большом сходстве медно-молибденовых месторождений Каджаран и Кальмакыр. Несмотря на их нахождения в различных геохимических провинциях, а также на значительные различия в возрасте вмещающих оруденение пород и в возрасте оруденения, рассматриваемые месторождения характеризуются аналогичными парагенетическими комплексами рудных минералов и элементов-примесей в них. Небольшие отличия в распределении элементов-примесей в рудных минералах объясняются различными соотношениями последних на месторождениях. Это касается, главным образом, месторождения Кальмакыр, в котором пирит является резко преобладающим компонентом руд. Большое сходство в стадийности оруденения, минералогическом составе и важнейших элементах-примесях может указывать и на сходные условия их образования. При этом, подобные месторождения, относящиеся к одной формации [8, 14], очевидно могут возникать независимо от возраста оруденения и генетической связи с конкретными изверженными породами. Приуроченность же их к породам определенного состава — монцонито-сиенито-диоритам, по С. Т. Бадалову, является не случайной и может быть обусловлена активной ролью вмещающих пород в качестве одного из важнейших источников главных рудных компонентов. По этой причине, а также в связи с наличием вертикальной зональности отложения минералов и элементов-примесей в них, однотипные месторождения могут отличаться в деталях, тогда как характерные черты их должны быть общими.

Институт геологии
АН Узбекской ССР

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 27.X.1967.

Ս. Տ. ԲԱԴԱԼՈՎ, Գ. Ն. ՓԻԶՅԱՆ

ԿԱԼԿԱԿԻՐԻ (ՈՒԶՐԵԿ. ՍՍՀ) ԵՎ ՔԱՋԱՐԱՆԻ (ՀԱՅԿ. ՍՍՀ)
ՊՂԻՆՁ-ՄՈՒԼԻՔԴԵՆԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ՄԵՆԵՐԱԼԱ-ԳԵՈՔԻՄԻԱԿԱՆ
ՀԱՄԵՄԱՏԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հողվածում հեղինակները բերում են Կալմակիրի և Քաջարանի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրերի համեմատական բնութագիրն և հիմնվելով նրանց երկրաբանական կառուցվածքի ու հատկապես միներալո-գեոքիմիական առանձնահատկությունների վրա հանգում են այն եզրակացությունը, որ այդ հանքավայրերն ունեն մեծ ընդհանրություն: Կտնվելով զանազան գեոքիմիական պրովինցիաներում և ունենալով հանք պարունակող ապարների և հանքայնացման տարբեր հասակ, այնուամենայնիվ այդ երկու հանքավայրերը բնորոշվում են հանքային միներալների նույնանման պարագենետիկ կոմպլեքսներով և նրանց մեջ հազվագյուտ էլեմենտների միանման խառնուրդներով:

Միներալիզացիայի ստադիաների, հանքանյութերի միներոլոգիական կազմի և միներալներում էլեմենտ-խառնուրդների մեծ նմանությունը թույլ է տալիս եզրակացնել, որ Կալմակիրի և Քաջարանի հանքավայրերն առաջացել են շատ մոտ երկրաբանական պայմաններում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бадалов С. Т. Минералогия и геохимия эндогенных месторождений Алмалыкского рудного района, Изд. «Наука», Уз. ССР, Ташкент, 1965.
2. Бадалов С. Т. О роли преобладающих компонентов в геохимии второстепенных и редких элементов рудных месторождений, «Геохимия», № 9, 1965.
3. Бадалов С. Т. Об одном из критериев выделения геохимических провинций редких элементов, «Узб. геол. журнал», № 4, 1966.
4. Голованов И. М., Мусин Р. А. Эндогенные формации меди, «Эндогенные рудные формации Узбекистана», Изд. «ФАН» Уз. ССР, Ташкент, 1966.
5. Карамян К. А., Фарамазян А. С. Стадии минерализации Каджаранского медно-молибденового месторождения, Изв. АН Арм. ССР, № 3—4, 1960.
6. Казарян А. Г. Закономерности проявления стадий минерализации в различных формациях руд на территории Арм. ССР, Зап. ВМО, вып. 4, 1963.
7. Королев А. В. Структура и металлогения Алмалыка, Труды САИИ, вып. 13 (2), 1941.
8. Магакьян И. Г. Типы рудных провинций и рудных формаций СССР, Тезисы докладов на Юбилейной научной сессии, посвященной 150-летию ВМО, Л., 1967.
9. Магакьян И. Г., Мкртчян С. С., Пиджян Г. О. Условия образования и размещения медно-молибденовых порфириновых месторождений Арм. ССР. Закономерности размещения полезных ископаемых, том V, Изд. «Наука», 1962.
10. Магакьян И. Г., Пиджян Г. О., Фарамазян А. С. Рений в медно-молибденовых месторождениях Арм. ССР. ДАН Арм. ССР, № 2, 1963.
11. Пиджян Г. О. К минералогии руд Каджаранского медно-молибденового месторождения. Изв. АН Арм. ССР, № 2, 1960.
12. Рузматов С. Р. Формы нахождения серебра и золота в рудах медно-молибденового месторождения Кальмакыр, «Узб. геол. журнал», № 4, 1961.
13. Фарамазян А. С., Зарьян Р. Н. Особенности геохимии селена и теллура в рудах Каджаранского рудного поля, «Геохимия», № 11, 1964.
14. Хрущов Н. А. Классификация месторождений молибдена, «Геология рудных месторождений», № 6, 1959.