

УДК 553.31:549.517.2:553.41.65.

Г. Б. МЕЖЛУМЯН

## МУШКЕТОВИТ В ЖЕЛЕЗНЫХ РУДАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦАКЕРИ-ДОШ И МИСХАНА

В связи с прогнозной оценкой перспектив оруденения железа северной части Армянской ССР нами особое внимание было уделено вопросам минералогии, геохимии и изучению геолого-генетических особенностей железорудных месторождений и проявлений Кохбского рудного района, в частности, месторождений Цакери-дош (Кохб) и Мисхана, представляющих интерес в отношении концентрации железных руд и некоторых редких элементов.

Минералого-геохимическое изучение показало, что в железных рудах месторождения Цакери-дош и Мисхана характерным и широко развитым геохимическим процессом является мушкетовитизация. Значение последней трудно переоценить, ибо она дает возможность судить об изменении окислительно-восстановительной обстановки в ходе развития отложения руд на указанных месторождениях. На основании выявления особенностей развития и пространственного распространения мушкетовита можно сделать вывод о последовательности образования минеральных парагенезисов, стадий минерализации окисных и сульфидных руд железа, а также интерпретировать геологические и геофизические (магнитометрические) данные, т. к. мушкетовит, в отличие от гематита, обладает магнитным свойством.

Отметим, что о наличии мушкетовита в составе железных руд месторождения Цакери-дош указывали И. Г. Магакьян [5] и Э. А. Хачатурян [9]. В последние годы мушкетовит в этих рудах сравнительно детально был изучен автором, результаты которого вкратце излагаются ниже.

В геологическом отношении район железорудных месторождений Цакери-дош и Мисхана приурочен к контактовой и приконтактовой частям Кохбского гранитоидного интрузива сеноман-верхнеконьякского возраста [8] с вулканогенной, вулканогенно-осадочной и осадочной толщами верхней юры и мела. Эти толщи представлены различными порфритами, туфобрекчиями, туффитами, туфопесчаниками, песчаниками, известковистыми песчаниками и известняками, которые прорваны Кохбской интрузией диоритового, кварцево-диоритового, гранодиоритового, габбро-диоритового и габбрового составов. Контактное воздействие интрузии на вмещающие перечисленные толщи выражено интенсивной эпидотизацией, хлоритизацией, мраморизацией, карбонатизацией, ороговикованием, в меньшей степени скарнированием и актинолитизацией. Концентрация окисно-сульфидных руд железа имеет форму линз, гнезд, невыдержанных жил, шлиров размером от нескольких десятков сантиметров до 20—24 м.

Главными рудослагающими минералами являются мушкетовит, гематит, магнетит, пирит и эпидот. В составе железных руд этих месторождений в небольшом количестве принимают участие также кальцит, кварц, амфибол, хлорит, пироксен, халькопирит, лимонит, малахит, азурит, ковеллин и другие минералы.

По количественному соотношению главных рудных и нерудных минералов, их пространственному распределению и текстурно-структурным особенностям руд на Цакери-дошском месторождении можно выделить три разновидности железных руд (тонкочешуйчатая богатая гематитовая руда, богатая мушкетовитовая руда с примесью пирита и сплошная мушкетовит-пиритовая руда с примесью халькопирита), а на Мисханском— две разновидности: гематитовые и мушкетовитовые (с примесью пирита и халькопирита).

Следует отметить, что среди выделенных разновидностей железных руд на Цакери-дошском месторождении наиболее распространенными типами являются мушкетовитовые и мушкетовит-пиритовые руды, которые отличаются в основном количественным соотношением пирита и мушкетовита. В составе железных руд в том или ином количестве почти постоянно присутствует эпидот; в бедных разновидностях этих руд последний преобладает над главным рудным минералом.

По размерам зерен мушкетовита и гематита на месторождении выделяются мелко- и среднезернистые мушкетовитовые и гематитовые руды. В отдельных случаях встречаются крупнозернистые мушкетовитовые руды с небольшим содержанием (до 5—7% от общей массы руды) вкрапленников пирита.

Железные руды месторождения Цакери-дош характеризуются массивной, пятнистой, прожилковой (жильной), брекчиевидной, решетчатой и ячеистой текстурами. Пятнистая, прожилковая, ячеистая и решетчатая текстуры характерны для мушкетовит-пиритовой руды, где пятна и прожилки представлены пиритом.

На месторождениях Цакери-дош и Мисхана сульфидное оруденение имеет наложенный характер по отношению к окисным железным рудам. Здесь главным и широко распространенным сульфидным минералом является пирит, который в железных рудах распределяется неравномерно в виде вкрапленников, прожилков, линзочек, гнезд, пятен и отдельных, хорошо ограненных кристаллов. В различных типах железных руд содержание пирита колеблется в широких пределах—от 3—4 до 17—19%, реже достигает 30—40% от общей массы руды. Выделяются четыре разновидности пирита, которые образовались в различные стадии минерализации. По данным химических и спектральных анализов пириты из этих же руд отличаются довольно высоким содержанием кобальта—0,1—1,1% и никеля—0,002—0,02% [6]. На Цакери-дошском месторождении минерализация носит многостадийный характер и происходит в два этапа— ранний и поздний, причем внутри раннего этапа выделяются три стадии (собственно скарновая, эпидотовая и гематитовая), а позднего—четыре

стадии (мушкетовитовая, пирит-халькопиритовая или сульфидная, кварцевая и карбонатная).

Скарновая стадия проявлена очень слабо и представлена парагенезисом минералов андрадита, пироксена и эпидота (ранней генерации). Замещению эпидотом подвергаются пироксен, полевые шпаты и довольно редко андрадит. При замещении часто наблюдаются реликты андрадитов в полях зерен эпидота.

На месторождении наиболее развитым метасоматическим процессом является эпидотизация, которая имеет площадное распространение в контактово-метасоматически измененных породах (амфиболизированных, альбитизированных, эпидотизированных, хлоритизированных порфиритах, туфах, туфобрекчиях, туфопесчаниках), вмещающих Кохбский интрузив.

Эпидот в этих породах преимущественно представлен вкрапленностью, а также в виде тонких прожилков в ассоциации с пироксеном и амфиболом. Эпидотизация предшествует образованию гематита. Гематитовое оруденение приурочено к эпидотизированным участкам вышеперечисленных пород вулканогенной и вулканогенно-осадочной толщ средней—верхней юры и мела.

Полевые наблюдения и камеральная обработка материалов показали, что на Цакери-дошском месторождении мушкетовит составляет основную рудную массу железорудных концентраций.

На общем фоне штучных образцов и полированных шлифов отчетливо выделяются тонкие, часто изогнутые, различно ориентированные пластинки мушкетовита, образуя сетчатые и ячеистые текстуры руд.

Под микроскопом, в отраженном свете, рядом с гематитом мушкетовит хорошо отличается благодаря характерной для магнетита буровой окраске. Мушкетовит по сравнению с гематитом полируется хорошо и обладает более гладкой поверхностью, между тем как гематит имеет шероховатую поверхность и голубоватый оттенок. Мушкетовит образует пластинчатые и шестоватые агрегаты размером от десятых долей миллиметра до 0,6—0,8 мм, реже до 1—2 мм по длинной оси.

Микроскопическое изучение показало, что гематит в железных рудах Цакери-дош и Мисхана обычно в той или иной степени подвержен процессу мушкетовитизации. Этот процесс в гематитах из различных типов железных руд отмеченных месторождений можно наблюдать от начальной стадии до почти полного замещения гематита магнетитом. При частичной мушкетовитизации сохраняются реликты гематита в полях новообразованных мушкетовитов (рис. 1 и 2). Интенсивная мушкетовитизация выражается в почти полном превращении гематита в магнетит, сохраняя пластинчатые и шестоватые формы (реже реликты) гематита. Мушкетовит развивается главным образом по периферии пластинчатых выделений гематита, а также в виде тонких каемок, дворика и других неправильных форм.

Для мушкетовитизированных железных руд характерна пластинчатая, спутанно-пластинчатая, радиально-лучистая, веерообразная, решет-

чатая, ячеистая и петельчатая структура (рис. 1, 2, 3), которая унаследована от первичных гематитовых руд. Псевдоморфозы магнетита по гематиту устанавливаются почти во всех изученных нами аншлифах (более 270). В отдельных аншлифах пластинчатые агрегаты мушкетовита раздроблены в мелкие, более или менее изометрические и таблитчатые зерна с прямолинейными очертаниями и гранями (рис. 4).



Рис. 1. Различно ориентированные пластинчатые и веерообразные кристаллы мушкетовита (темно-серое) и гематита (светло-серое). Месторождение Цакери-дош. Полиров. шлиф, ув. 60 $\times$ .

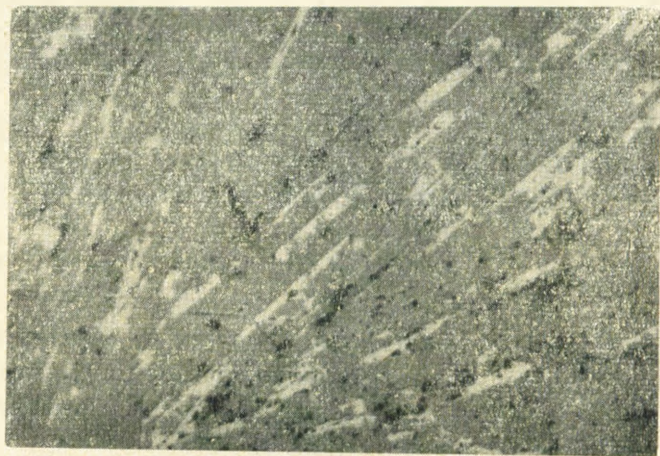


Рис. 2. Радиально-лучистая структура мушкетовит-гематитовой руды. Реликты пластинчатых кристаллов гематита (светло-серое) среди мушкетовитовой руды (общий темно-серый фон). Месторождение Мисхана. Полиров. шлиф, ув. 50 $\times$ .

Гематитовые и мушкетовитовые руды месторождений Цакери-дош и Мисхана характеризуются гематит-мушкетовит-пирит минеральным парагенезисом. Взаимоотношение этих минералов показывает, что пирит Известия XXIX, № 3—4



Рис. 3. Решетчатая структура мушкетовитовой руды. Мушкетовит (светло-серое), нерудная масса (темно-серое). Месторождение Цакери-дош. Полиров. шлиф, ув. 70 $\times$ .



Рис. 4. Мушкетовитовая руда. Мушкетовит (светло-серое), нерудная масса (темно-серое). Месторождение Мисхана. Полиров. шлиф, ув. 70 $\times$ .

всегда ксеноморфен по отношению к гематиту и мушкетовиту. Здесь пирит заполняет межзерновые пространства последних двух минералов, повторяя формы их кристаллов, и образует удлиненные агрегаты, что обычно не характерно для пирита (рис. 5).

В отношении окисных железных руд рассматриваемых месторождений следует отметить, что сульфиды (пирит и халькопирит) являются наложенными и образование мушкетовита может быть обусловлено воздействием поздних сульфидных растворов на гематитовые руды.

В свете современных представлений рудообразования процесс мушкетовитизации может происходить тремя путями: а) под воздействием сероводорода ( $H_2S$ ) на гематитовые руды, б) в восстановительных усло-

виях, возникших при воздействии окиси углерода на гематитовые руды и в) при высокотемпературном метаморфизме, т. е. под воздействием высокой температуры в условиях высокого парциального давления кисло-

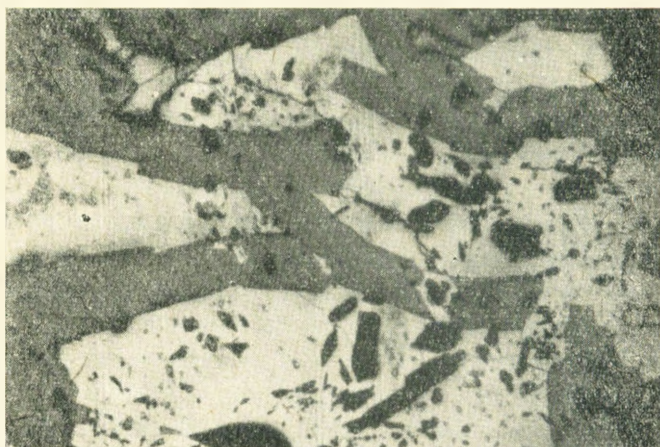


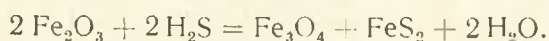
Рис. 5. Пирит-мушкетовитовая руда. Зерна пирита (светло-серое) ксеноморфны по отношению к мушкетовиту (темно-серое). Месторождение Цакери-дош. Полнров. шлиф, ув. 70<sub>х</sub>.

рода (при температуре выше 800° проходит термическая диссоциация гематита с превращением его в мушкетовит).

Отметим, что основные принципы окислительно-восстановительной обстановки среды при рудном процессе в общих чертах разработаны Д. С. Коржинским [4] и А. И. Бетехтиным [2]. Значение химических потенциалов окислов и сульфидов при различных условиях кислотности—щелочности и температуры растворов экспериментальным и термодинамическим путем доказывались А. А. Маракушевым [6], Р. Гаррелсом [3] и другими исследователями. Некоторые важнейшие закономерности изменения режима серы и кислорода окислительно-восстановительной среды при процессе отложения руд железа рассмотрены А. Е. Бекмухаметовым [1].

Поскольку в мушкетовитовых рудах месторождения Цакери-дош и Мисхана широким развитием пользуется пирит и последний находится в постоянном парагенезисе с мушкетовитом, то этот факт наводит на мысль о том, что при образовании мушкетовита в качестве восстановителя выступал сероводород, который воздействовал на гематитовые руды.

При воздействии сероводорода на гематит возникновение мушкетовита и пирита, по А. Г. Бетехтину, происходит следующим образом:



Таким образом, можно предполагать, что восстановительный характер среды в последних стадиях рудоотложения обусловлен повышением роли сероводорода в гидротермальных условиях, что привело к интенсивной мушкетовитизации и сульфидной минерализации.

На месторождениях Цакери-дош и Мисхана сульфиды железа и меди пространственно приурочены к участкам развития окисных железных руд (в частности, богатые мушкетовитом разновидности) и имеют наложенный характер по отношению к последним. Сульфиды являются результатом гидротермального процесса поздней стадии минерализации.

В заключение следует подчеркнуть, что железорудные месторождения Цакери-дош и Мисхана по своим геолого-генетическим условиям образования относятся к контактово-метасоматической формации железных руд и являются результатом гидротермальной деятельности Кохбского гранитоидного интрузива. Проведенное исследование привело к заключению, что Кохбский рудный район, в пределах которого имеются многочисленные месторождения и проявления контактово-метасоматической (в том числе и скарновой) и гидротермальной формации железных руд, заслуживает дальнейшего детального изучения.

Процесс образования окисно-сульфидных железных руд контактово-метасоматической формации месторождения Цакери-дош и Мисхана происходил в сложных и изменчивых физико-химических условиях среды. Здесь минерализация носит многостадийный характер и проходит в два этапа—ранний и поздний, причем внутри раннего этапа выделяются три стадии (собственно скарновая, эпидотовая и гематитовая), а внутри второго—четыре стадии (мушкетовитовая, пирит—халькопиритовая, кварцевая и карбонатная).

Отличительной особенностью железных руд этих месторождений является широкое развитие в них мушкетовита и пирита. Последний является преобладающим минералом сульфидной стадии минерализации и носит наложенный характер по отношению к окисным железным рудам. Эти факты свидетельствуют о том, что рудный процесс происходил в окислительных условиях среды с последующим переходом в восстановительные условия.

Мушкетовитизация, как один из широко развитых и характерных процессов, проявленная на железорудных месторождениях контактово-метасоматической формации Кохбского рудного района, наряду с другими рудоконтролирующими факторами, может служить поисковым критерием рассмотренного типа эндогенного железорудного оруденения.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 26.IX.1975.

Գ. Բ. ՄԵՋԼՈՒՄՅԱՆ

ՄՈՒՇԿԵՏՈՎԻՏԸ ԾԱԿԵՐԻ-ԴՈՇ ԵՎ ՄԻՍԽԱՆԱ  
ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ԵՐԿԱԹԻ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐՈՒՄ

Ա Վ Փ Ո Փ Ն Ն Մ

Ծափերի-դոշ և Միսխանա հանքավայրերի երկաթի հանքանյութերի մի-  
նեռալոգիական-գեոքրիմիական ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ

նրանցում լայն տարածում ունի մուշկետովիտացման պրոցեսը: Նշված հանքավայրերում երկաթի օքսիդա-սուլֆիդային հանքային պրոցեսն ընթացել է բավական բարդ և փոփոխական ֆիզիկա-քիմիական պայմաններում: Հեղինակի կողմից առանձնացվում է միներալացման երկու էտապ (վաղ և ուշ) և յոթ ստադիա՝ սկառնային, էպիդոտային, հեմատիտային, մուշկետովիտային, սուլֆիդային կամ պիրիտ-խալկոպիրիտային, քվարցային և, վերջում, կարբոնատային:

Հանքային պրոցեսի սկզբնական շրջանում միջավայրն ունեցել է օքսիդացման պայմաններ, որոնք հետագայում փոխարինվել են վերականգնման պայմաններով: Մուշկետովիտացումը, հանդիսանալով հանքային պրոցեսի վերականգնման պայմանների արդյունք, պայմանավորված է ծծմբաջրածնով հարուստ սուլֆիդային լուծույթների ակտիվ ներգործությամբ երկաթի օքսիդային (հեմատիտային) հանքանյութերի վրա:

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бекмухаметов А. Е. Об окислительно-восстановительных условиях формирования железорудных месторождений Южного Тургай. Тр. ИГН АН Каз. ССР, т. 28, 1969.
2. Бетехтин А. Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. В кн.: «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях». Изд-во АН СССР, М., 1953.
3. Гаррелс Р. Минеральные равновесия. М., ИЛ, 1962.
4. Коржинский Д. С. Факторы минеральных равновесий и минералогические факторы глубинности. Тр. ИГН АН СССР, вып. 12, 1940.
5. Магакьян И. Г. Железорудные месторождения северной Армении. Известия АН Арм. ССР, естеств. науки, № 1, 1947.
6. Маракушев А. А. О влиянии окислительного потенциала и щелочности растворов на образования сульфидов и окислов железа в гидротермальных условиях. В сб.: «Геология рудных месторождений», № 5, М., 1963.
7. Междумян Г. Б. Об обнаружении кобальтоносных пиритов в железных рудах месторождения Цакери-дош. ДАН Арм. ССР, т. VIII, № 4, 1974.
8. Туманян Г. А. Новые данные о возрасте Кохбской интрузии. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, т. XIX, № 5, 1966.
9. Хачатурян Э. А. Генетические типы железорудных месторождений Армянской ССР и перспективы их освоения. Изд-во АН Арм. ССР, Ереван, 1953.