

Е. Акопян

МИНЕРАЛОГИЯ
ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ
ГЛАВНЕЙШИХ
МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
АРМЕНИИ

Ереван 1960

12533 ~~1965~~

Акоза Е.А.

Минеральная зона
железная г.л. и др.
обеденная и др.
(кадastre)
1960



ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Ե. Ա. ՀԱԿՈԲՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՊՂԻՆՁ-ՄՈՒԲԴԵՆԻ
ԽՈՇՈՐԱԳՈՒՅՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ
ՕՔՍԻԴԱՅՄԱՆ ԶՈՆԱՅԻ ՄԻՆԵՐԱԼՈԳԻԱՆ

ՔԱԶԱՐԱՆ, ԱԳԱՐԱԿ, ԴԱՍՏԱԿԵՐՏ,
ՀԱՆՔԱՎԱՆ (ՄԻՍՈՒՆԱ)

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԱ ՀՐԱՏԱՐԱԿԶՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆ 1960

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Е. А. АКОПЯН

**МИНЕРАЛОГИЯ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ
ГЛАВНЕЙШИХ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ**

КАДЖАРАН, АГАРАК, ДАСТАКЕРТ,
АНКАВАН (МИСХАНА)

ИЗДАТЕЛЬСТВО АН АРМЯНСКОЙ ССР
ЕРЕВАН 1960

12533 14652

*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
АН Армянской ССР*

В работе приводится описание вещественного состава зоны окисления промышленных медно-молибденовых месторождений Армении: Каджарана, Агарака, Дастакерта, Анкавана. Помимо детального описания минералов зоны окисления, рассматриваются вопросы, связанные с изучением условий их образования и своеобразия развития зоны окисления однотипных медно-молибденовых руд, в зависимости от геоморфологических и климатических особенностей участков каждого месторождения. Развитие зоны окисления увязывается с составом первичных руд, геологической обстановкой их залегания, химизмом поверхностных вод, в связи с чем выявляются некоторые отличия в поведении меди и молибдена в зоне окисления и приводятся данные, устанавливающие широкое рассеивание молибдена в немоллибденовых гипергенных минералах.

Предназначена для геологов широкого профиля, а также разведчиков, горняков и обогатителей.

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Нам крайне необходимо уметь разбираться в особенностях поверхностных выходов и зоны окисления. Не говоря уже о громадных территориях Советского Союза, еще ожидающих исследования, где мы в первую голову встретимся с выходами,— даже в более или менее давно эксплуатирующихся рудных районах вопросы, связанные с поверхностными частями сульфидных месторождений, не утратили большой остроты».

(Акад. С. С. Смирнов, «Зона окисления сульфидных месторождений», 1955 г.).

Бурное развитие промышленности в нашей стране в последние десятилетия, обусловленное прежде всего социалистическим характером народного хозяйства, вызвало быстрый рост потребности не только в распространенных, но и в ряде редких металлов, к которым относится, в частности, и молибден, совершенно не добывавшийся в царской России.

Широкое применение молибдена в производстве качественных сталей способствовало быстрому росту добычи его руд и стимулировало развитие геолого-поисковых работ на этот металл.

Вопросы интерпретации поверхностных выходов медно-молибденовых и молибденовых месторождений, вопросы миграции молибдена в зоне окисления, играющие существенную роль как поисковый, а нередко и оценочный критерий в геолого-разведочном деле, изучены еще мало и им посвящено сравнительно небольшое количество исследований. Кроме то-

то, познание вещественного состава окисленных руд играет важную роль при изучении их обогатимости. Поэтому автор, учитывая крупную роль главнейших медно-молибденовых месторождений Армении в общем балансе этих металлов в нашей стране, предпринял работу по специальному изучению минералогии зоны их окисления.

Автор надеется, что выполненная работа будет несколько способствовать пониманию поведения молибдена в зоне окисления, позволит более правильно интерпретировать поверхностные выходы при поисках и оценке медно-молибденовых месторождений, а также облегчит решение вопросов, возникающих при обогащении руд, затронутых процессами окисления.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа является результатом обобщения систематических исследований автора в области изучения минералогии зоны окисления главнейших медно-молибденовых месторождений Армении (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Анкаван-Мисхана). Работа проводилась в течение ряда лет: в 1940 г., 1946—1948 гг. и, наконец, в 1956—1957 гг., причем в 1940 г. были проведены только полевые работы по Каджаранскому месторождению, затем исследования были прерваны до 1946 года.

Данная работа, освещающая минералогию зоны окисления наиболее значительных медно-молибденовых месторождений Республики, часть которых по выявленным запасам безусловно является месторождениями союзного значения (Каджаран, Агарак), составлена в результате всех полевых и камеральных работ.

По Каджаранскому месторождению был собран обширный материал, характеризующий в основном минералогию зоны окисления по всем участкам рудного поля — Центральному, Северо-восточному, Давачи и Мякан-джур (по поверхности, горным выработкам и скважинам). Главное внимание было уделено Центральному и Северо-восточному участкам, в основном составляющим наиболее интересную в промышленном отношении часть месторождения.

По Агаракскому месторождению просмотрена поверхность Центрального, Северного и Южного участков. Следует отметить, что несмотря на весьма хорошую обнаженность, совершенная недоступность ряда площадей, и, в первую очередь, части наиболее интересного в смысле рудоносности Цен-

трального участка (скалистые обрывы Спетринского ущелья) несколько суживали возможность регистрации действительного распространения отдельных минеральных видов и их ассоциаций.

Просмотрены все горные выработки, доступные в настоящее время. Старые выработки и выработки, пройденные И. В. Баркановым в течение 1932—33 гг., в большинстве случаев сейчас почти недоступны и по ним пришлось ограничиться просмотром отвалов, сохранившихся в той или иной степени.

Изучение кернового материала по пробуренным ранее в небольшом числе буровым скважинам не могло быть проведено из-за его отсутствия.

По Дастакертскому месторождению были просмотрены поверхность и разведочные выработки Центрального участка, а также медно-молибденовые проявления на участках Ял-Юрт, Мегрили и Безымянный. Особое внимание было обращено на Центральный участок, расположенный глубоко в ущелье р. Кыз-Кошты.

Изучение вещественного состава зоны окисления Анкаванского (Мисханского) медно-молибденового месторождения было поставлено, главным образом, в связи с желанием оттенить сравнительные данные при рассмотрении особенностей минералогии зоны окисления других месторождений.

Автором месторождение посещалось и изучалось в течение ряда лет: в 1931 г., во время полевых работ, проводимых на месторождении В. Н. Котляром; в 1938 г. — в связи со шлиховым опробованием района участка месторождения; в 1947 г. выполнялась работа, связанная с тематическим заданием по изучению минералогии зоны окисления и, наконец, летом 1956 г. были просмотрены все новые разведочные выработки, пройденные в зоне штокверкового оруденения. Помимо выработок просмотрены естественные обнажения участков Главного, Ближней и Дальней Дамир-Магара.

Камеральная обработка всех коллекций проводилась в основном во ВСЕГЕИ, в Ленинграде, частично в ИГН АН СССР в Москве и в ИГН АН АрмССР в Ереване.

Ввиду того, что изучение вопросов общегеологического характера по месторождениям не входило в задачи темы и

поскольку все эти вопросы подробно рассмотрены и освещены в многочисленных работах различных исследователей, сведения о них в настоящей работе приведены кратко.

Помимо собственно гипергенных минералов для характеристики всей минералогии Каджарана, Агарака, Дастакерта и Анкавана (Мисханы), попутно был изучен каменный материал, характеризующий первичное оруденение месторождений.

Изучение гипергенной минералогии в значительной степени способствует познанию условий образования зоны окисления, поведения отдельных элементов, слагающих первичные руды, их миграции, переотложения в поверхностной зоне и т. д., поэтому точному описанию минералов и их взаимоотношений придавалось особо важное значение. Очень затрудняли работу небольшие количества исследуемого материала, т. к. большинство гипергенных минералов Каджарана, Агарака и Дастакерта представлено тончайшими корками и налетами. Поэтому для ряда минералов из-за отсутствия требуемых навесок для тех или иных анализов последние проделаны не были.

Весь собранный материал по четырем месторождениям (с известной детальностью) был изучен: макроскопически, под бинокулярной лупой, оптически с применением иммерсионного метода, химически, химико-спектроскопически и, наконец, в единичных случаях, термически и рентгенометрически.

Химические анализы отдельных минералов и пород в основном выполнены ст. научн. сотр. ВСЕГЕИ М. М. Стукаловой, частично научн. сотр. ИГН АН СССР Т. М. Митюшиной и научн. сотр. ИГН АН АрмССР А. А. Петросян. Все химико-спектральные анализы минералов выполнены в лабораториях спектрального анализа ИГН АН СССР и ВСЕГЕИ научными сотрудниками Н. В. Лизуновым и М. М. Клером.

Тщательный просмотр коллекций, в сочетании с применением различных методик, позволил выявить целый ряд новых минералов, неизвестных раньше для этих месторождений (медно-марганцовые минералы, силикаты меди и сульфаты железа Каджаранского месторождения, медно-марганцовые минералы и минералы сульфатной группы Агаракского место-

рождения, силикаты алюминия и сульфаты меди и железа Дастакертского месторождения, несколько мышьякосодержащих вторичных минералов Анкаванского месторождения и другие).

Помимо описания отдельных минералов и характера развития зоны окисления, в работе приведены краткие характеристики химизма вод на основании результатов анализов проб рудничных вод, отобранных автором, и значительно позже Н. И. Долухановой из выработок Каджаранского, Агаракского, Дастакертского и Анкаванского (Мисханского) месторождений; анализы выполнены аналитиком геохимической лаборатории ИГН АН АрмССР Э. А. Кюрегян. Полные контрольные анализы некоторых проб рудничных вод были произведены стар. научн. сотр. геохимической лаборатории ВСЕГЕИ Е. П. Муликовской.

В связи с дальнейшими перспективами месторождений и вводом ряда их в промышленность (Каджаран, Агарак, Дастакерт), одним из существенных вопросов в ходе изучения этих месторождений является роль окисленных руд в общем балансе запасов по меди и молибдену. Поэтому поведение этих металлов в зоне окисления, их миграция, выщелачивание и т. д. рассматриваются специально в отдельных главах.

В итоге, на основании результатов проделанной автором работы, суммируются особенности минералогии зоны окисления главнейших медно-молибденовых месторождений Республики и дается их сравнение с минералогией зоны окисления некоторых других сходных месторождений.

Во время полевых работ и камеральной обработки автор в разное время пользовался ценными советами со стороны своих старших товарищей — докторов геолого-минералогических наук В. Н. Котляра, И. Г. Магакьяна, С. С. Мкртчяна, кандидата геолого-минералогических наук С. А. Мовсисяна и инженера-геолога Н. А. Фокина. За все консультации и советы автор пользуется случаем выразить им свою признательность.

Члену-корреспонденту АН СССР Ф. В. Чухрову автор всецело обязан освоением специфической методики работы с минералами зоны окисления и считает своим долгом выразить ему свою искреннюю благодарность.

1. КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮЖНОЙ АРМЕНИИ

Район описываемых ниже Каджаранского и Агаракского медно-молибденовых месторождений находится в юго-восточной части Армянской ССР и принадлежит к так называемому Конгуро-Алангезскому рудному району.

Западной границей района является главный водораздел Конгуро-Алангезского хребта, восточной границей служит Хуступ-Гирратагский разлом, разделяющий описываемый район от собственно Кафанского рудного района, который имеет совершенно иное геологическое строение, структуру и характер оруденения.

Каджаранское месторождение расположено на одном из восточных боковых отрогов Конгуро-Алангезского хребта в средней его части, тогда как рудное поле Агаракского месторождения тяготеет к его относительно пониженным частям. Южным, непосредственным продолжением Конгуро-Алангеза, уже за пределами границы СССР, в Иране служат горы Иранского Карадага.

Наиболее крупные возвышенности Конгуро-Алангеза располагаются вдоль водораздела: Капуджих (3920 м), Яглудара (3840 м) и ряд других. Абсолютная высота Каджаранского месторождения над уровнем моря 2291 м, а Агаракского месторождения колеблется в пределах от 1000 до 1300 м. В целом весь район можно охарактеризовать как типичную горную область с сильно расчлененным рельефом. Из огромного числа рек района назовем наиболее значительные: рр. Мегри, Вохчи, Сахар, Агарак. Климат района высокогорный.

Снег выпадает в октябре. Снежный покров иногда сохраняется в течение пяти месяцев.

Большинство горных отрогов вытянуто в широтном направлении, причем наблюдается резкая разница температур на южных и северных склонах отрогов. Южные склоны, по сравнению с северными, освобождаются от снежного покрова значительно раньше и подвергаются более интенсивному разрушению. Северные склоны обычно покрыты довольно густым кустарником.

Основными населенными пунктами в районе, кроме ряда селений, являются Мегри и Кафан — административные центры соответствующих районов. Кафан расположен на расстоянии 35 км к В от Каджаранского месторождения и связан с ним хорошей автомобильной дорогой. Агаракское месторождение расположено в 7 км с СВ от г. Мегри. Миджеван-Джюльфинская железнодорожная ветка соединяет Кафан и Мегри непосредственно с Ереваном.

Основным стимулом, определившим быстрое развитие геологического изучения района, явилось наличие здесь многочисленных богатейших месторождений, главным образом медно-молибденовых.

Геология района месторождений, вопросы петрографии, стратиграфии, тектоники освещены в работах Л. К. Конюшевского, В. Г. Грушевого, К. Н. Паффенгольца, В. Н. Котляра, А. А. Додина, С. А. Мовсисяна, С. С. Мкртчяна, И. Г. Магакьяна, Н. А. Фокина и др. Первые описания геологического строения района и его рудных месторождений сделаны Г. Аби-хом, обнаружившим еще в середине прошлого столетия молибденит в Каджаране и указавшим на крупный масштаб оруденения в этом месторождении.

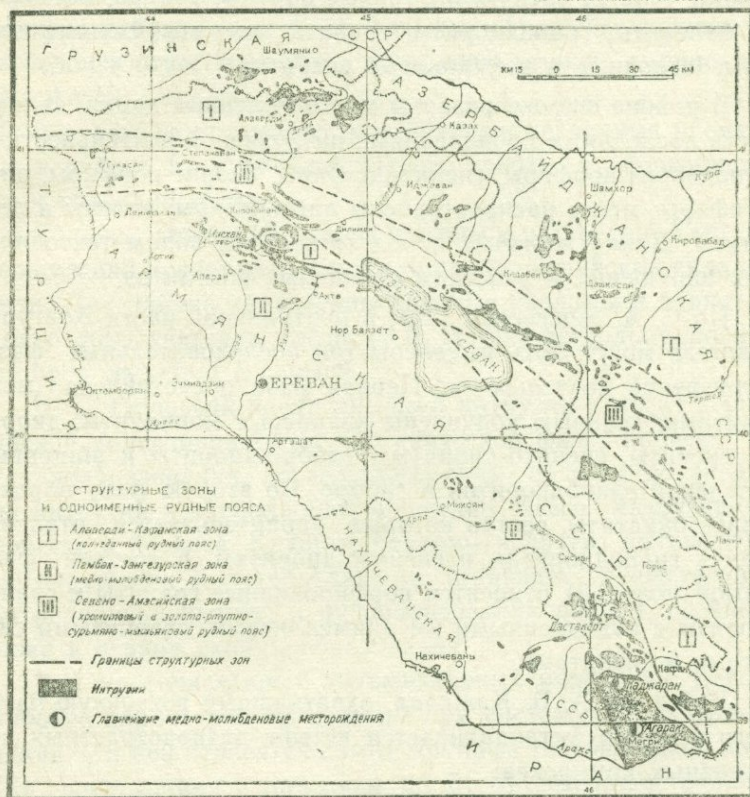
Ниже приводим краткие данные по геологии, петрографии, тектонике района.

В строении района месторождений главную роль играют третичные интрузивные породы гранитового семейства. Помимо интрузивных пород, в строении района принимают участие отложения палеозоя и эоцена. Интрузивные породы слагают сложный Конгуро-Алангезский плутон, занимающий в пределах СССР площадь около 1000 кв. км и продолжающийся к югу в Иране (фиг. 1).

Вмещающая толща сложена туфопорфиритами с подчиненными им осадочными породами. В контакте интрузивных пород с вулканогенными породами залегают различные контактовые роговики.

СХЕМА ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ЗОН АРМЯНСКОЙ ССР

По И. Г. МАГАКЯНУ и С. С. МКРТИЧАНУ



Фиг. 1.

В эндоконтактовой части интрузии отмечен ряд медных и молибденовых месторождений (Урумыс, Парагачай, Нус-Нус и др.).

Вопрос возраста плутона до сих пор является спорным. Ряд исследователей (В. Г. Грушевой, А. Б. Каждан и др.) на основании того, что плутон прорывает породы эоцена, а его апофизы — породы олигоцена и трансгрессивно перекрывают-

ся отложениями миоцена или постплиоцена (?) определяют возраст плутона как нижнемиоценовый. Однако С. С. Мкртчян (50), на основании широких региональных исследований, приходит к предположению о верхне-эоценовом возрасте интрузий массива.

В составе сложного Конгуро-Алангезского плутона принимают участие следующие горные породы: габбро, монцониты, банатиты, гранодиориты, граниты, сиениты, сиенито-диориты, щелочные и нефелиновые сиениты.

В районе широко развиты многочисленные дайки, являющиеся последними проявлениями интрузивной деятельности—гранодиорит-порфиры, сиенит-порфиры, диорит-порфиры, альбитофиры; менее распространены лампрофиры, аплиты и пегматиты. Дайки жильных пород тяготеют к зонам тектонических нарушений и участкам различных контактов.

По С. А. Мовсисяну (47), в центральной части Конгуро-Алангеза могут быть выделены три последовательные фазы интрузивной деятельности. Первая фаза представлена монцонитами, которым подчинены кварцевые монцониты, диориты, сиениты, сиенито-диориты, габбро-диориты и шлировые выделения гранодиоритов и габбро. Во вторую фазу образовались банатиты, состав которых характеризуется отклонением к гранодиоритам и сиенито-диоритам. К третьей фазе (самой молодой) относятся порфировидные граниты и гранодиориты с подчиненными им адамеллитами, кварцевыми сиенитами и сиенитами.

Работами А. Б. Каждана, охватившими восточную часть всего плутона, устанавливается четыре разновозрастных интрузивных комплекса:

- 1) наиболее древними являются габбро-пироксениты,
- 2) затем породы монцонитового ряда, 3) порфировидные граниты и гранодиориты, 4) и, наконец, самые молодые интрузивные породы района представлены щелочным комплексом.

И. Г. Магакьян для внедрения интрузивных пород Конгуро-Алангезского плутона отмечает пять фаз в следующей последовательности: габбро и пироксениты, монцониты, банатиты, гранодиориты и граниты, сиениты и нефелиновые сиениты.

Наконец, С. С. Мкртчян, в своей последней капитальной работе, посвященной всестороннему описанию Зангезурской рудоносной области (50), для Конгуро-Алангезского плутона выделяет три фазы интрузивной деятельности: к первой фазе он относит породы монцонитового ряда, ко второй — граниты, гранодиориты и банатиты и к третьей — интрузии порфировидных гранитов. Образование же щелочного комплекса, согласно наблюдениям А. И. Адамяна (1), С. С. Мкртчян тоже склонен отнести скорее к внедрению первой «монцонитовой» фазы.

Все авторы связывают многочисленные рудные проявления в районе Конгуро-Алангезского хребта с порфировидными гранодиоритами.

Вопросы тектоники района сложны и интересны. Конгуро-Алангезский хребет относится к области альпийской складчатости. Для района характерны крупные разломы и поднятия; в некоторых участках, согласно К. Н. Паффенгольцу, последние продолжают и поныне.

В. Г. Грушевой внедрение всей интрузии относит к штирийской (предчокракской) орогенической фазе, процесс же складкообразования, по его воззрениям, начался до внедрения интрузий и продолжался в течение всего интрузивного процесса и позднее. Крупные разломы и другие дизъюнктивные нарушения Конгуро-Алангеза, играющие существенную контролирующую роль в рудообразовании района, возникли также в период складкообразования.

Для многочисленных дизъюнктивных нарушений района наиболее характерны следующие три системы: а) северо-западная — к ней относятся самые крупные тектонические зоны ССЗ простираения с падением на В; б) северо-восточная и в) широтная.

Региональные разломы ССЗ простираения (Дебаклинский, Агаракский) прослежены на значительных расстояниях вдоль контакта монцонитов и порфировидных гранитов. Разломы контролируют ряд месторождений (Каджаранское и Агаракское медно-молибденовые месторождения, Пирзаминское арсенопиритовое месторождение), но последние приурочены не непосредственно к ним, а к сопряженным с ними нарушениям

или системам сопровождающих их трещин СЗ или СВ простираня.

Большинство месторождений района имеет гидротермальный генезис (Каджаран, Агарак, Джиндара и др.), но известны также месторождения магматического (Калакар), пегматитового (Давачи, Мюльк, Саак-Кар) и контактово-метасоматического (Нювады) генетических типов. Наибольшая роль в металлогении Конгуро-Алангеза принадлежит гидротермальным медно-молибденовым месторождениям, характеризующимся крупными размерами, штокверко-вкрапленным типом оруденения и сравнительно небольшим содержанием меди и молибдена.

Из металлов самую важную роль в общей металлогении всего района играют медь и молибден, меньшую — железо, свинец, цинк, алюминий, незначительную — мышьяк, серебро, вольфрам, висмут, золото, олово, ванадий.

14652 12533

II. МИНЕРАЛОГИЯ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ КАДЖАРАНСКОГО МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО СТРУКТУРЫ

Каджаранским месторождением принято называть целую группу проявлений медно-молибденового оруденения, расположенных в районе сс. Каджаран и Охчи.

Среди рудного поля всего месторождения, занимающего площадь около 5 кв. км, выделяются четыре участка:

1. Центральный площадью до 2 кв. км; наиболее изучен и разведен.
2. Северо-восточный.
3. Участок Мякан-джур.
4. Давачи-Каджаранский.

Последние два участка разведаны и изучены относительно слабо.

Вопросами геологии, тектоники, подсчета запасов меди и молибдена Каджаранского месторождения в разное время занимался ряд исследователей: И. Н. Чирков, В. Г. Грушевой, проф. В. М. Крейтер, И. А. Тараян, П. П. Цамерян, С. А. Мовсеян, группа работников ВИМС под руководством П. С. Саакяна, С. С. Мкртчян и Е. П. Зильман. В 1945 г. С. С. Мкртчян, на основании всего имеющегося материала и своих личных наблюдений, составил полную сводку по месторождению.

В 1952 г. Е. П. Зильман произвел окончательный подсчет запасов (по состоянию на 1/VII 1951 г.); последние были у-

верждены ВКЗ и месторождение было передано промышленности. Начиная с этого времени на Каджаране начала работать обогатительная фабрика, в основу которой положена схема с получением коллективного молибдено-медного концентрата, который в дальнейшем подвергается селекции. В результате этой операции получается молибденовый концентрат, а медный концентрат получается в виде хвостов селекции.

Минералогическое описание сульфидных руд впервые дано И. Н. Чирковым, позже проф. В. М. Крейтером, затем И. С. Волыньским (им описана коллекция П. П. Цамеряна). Более полные описания первичных сульфидных минералов находим в работах С. А. Мовсисяна (46), З. В. Рупасовой в коллективном отчете сотрудников ВИМС по работам 1940 г.

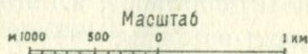
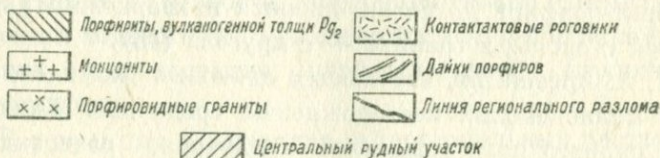
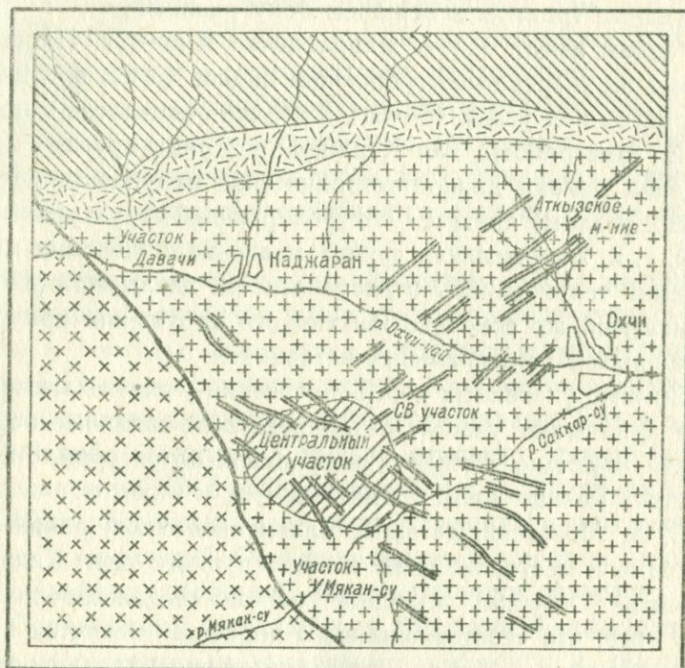
Затем И. Г. Магакьян в монографии, посвященной металлогении Армении и С. С. Мкртчян в сводке по месторождению и в работе, посвященной Зангезурской рудоносной области (50), приводят полные описания сульфидных руд Каджарана. Несколько позже М. П. Исаенко приступила к изучению вещественного состава руд месторождения.

Минералы зоны окисления до работ автора специальному изучению не подвергались, если не считать макроскопических описаний лимонитовых образований, приведенных в отчете И. А. Тараяна по купрометрической съемке.

В строении района Каджаранского месторождения принимают участие, главным образом, интрузивные и частично вулканогенные породы. Прорывающие последние третичные интрузивные породы представлены монцонитами и подчиненными им кварцевыми монцонитами, сиенитами, сиенито-диоритами, диоритами, габбро-диоритами, а также порфировидными гранитами и гранодиоритами. Указанные две последние разности относятся к наиболее молодой фазе интрузивной деятельности данного участка Конгуро-Алангезского плутона. Контакт между интрузией сиенитов и монцонитов с порфировидными гранодиоритами в районе месторождения тектонический (фиг. 2). В 20 км к югу от месторождения работами С. А. Мовсисяна в 1940 г. были выявлены апофизы порфировидных гранитов, проникающие в монцониты, что дока-

СХЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАЙОНА КАДЖАРАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

/по С.А.Мовсисяну/



Фиг. 2.

зывает более молодой возраст первых. В полосе тектонического контакта монцониты и порфировидные гранодиориты сильно перемяты, изменены и раздроблены, причем первые изменены сильнее, иногда до степени совершенного исчезновения первичной структуры. Сильная перемятость пород и ряд других признаков говорят о наличии в контакте между монцони-

тами и порфировидными гранодиоритами мощного регионального нарушения, относимого к нарушениям сбросового характера, причем монцониты расположены в висячем боку, а порфировидные граниты в лежащем боку разлома.

Разлом имеет общее направление ЮВ—СЗ. Плоскость разлома на участке месторождения падает на СВ под массив монцонитов под углом $45-60^\circ$. Как уже отмечалось в предыдущей главе работы, для Каджарана и ряда других месторождений района данное тектоническое нарушение (Дебакинский разлом) является контролирующей структурной единицей, т. к. значительная группа медно-молибденовых месторождений территориально располагается вдоль этой зоны. К описываемой же зоне дизъюнктивного нарушения приурочиваются выходы минеральных источников.

Помимо указанных пород в строении участков месторождения принимают участие различного рода жильные породы, характеризующиеся обычно порфировой структурой. Отмечены также мелкие жилы гранит-аплитов и аплитов.

С. А. Мовсесян, детально закартировавший район, прилегающий к месторождению и часть рудного поля Каджарана, считает деление жильных пород «нецелесообразным» ввиду того, что «состав жильного порфира меняется в пространстве для одной и той же дайки от преобладающего гранодиорит-порфира до сиенит-диорита и кварцевого диорита, с одной стороны, и гранита — с другой» (46).

Т. А. Аревшатян, изучающая дайковый комплекс ряда медно-молибденовых месторождений, среди даек Каджаранского рудного поля выделяет следующие разновидности: 1) группу гранодиорит-порфиров, в которую входят: гранит-порфиры, гранодиорит-порфиры, сиенит-порфиры, 2) нацело измененные, превращенные в кварц-карбонатную породу дайки, 3) порфириты интрузивные, 4) кварцевые сиенит-порфиры, 5) диоритовые порфириты, 6) измененные лампрофиры и 7) аплиты.

Дайки жильных порфиров прорывают монцониты, значительно реже вулканогенные породы и порфировидные граниты. Простираение большинства даек СЗ, для меньшей части СВ до широтного. И те и другие имеют крутое падение. Мощность их от 1 до 20 м. Породы даек сильно изменены, пере-

маты, осветлены и окварцованы, часто до состояния вторичных кварцитов. Окварцованные дайки резко выступают над монцонитами. Нередко дайки сопровождаются оруденелыми кварцевыми жилами и небольшими зонами окварцованных вмещающих пород. Помимо этих кварцевых жил, в монцонитах рудного поля отмечено множество кварцевых жил различной мощности и разнообразных направлений.

На месторождении широко развиты наносы. Они в основном состоят из песчано-глинистого материала с обломками разрушения монцонитов и пород даек. Мощность наносов небольшая, но заметно увеличивается вниз по обоим склонам Каджаранской горы.

Основным тектоническим элементом района месторождения является описанное выше крупное дизъюнктивное нарушение в контакте монцонитов с порфировидными гранодиоритами. Непосредственно в рудном поле месторождения массив монцонитов интенсивно разбит трещинами. Среди направлений наиболее крупных трещин отмечено северо-западное с падением на СВ и северо-восточное с падением на СЗ.

Многочисленные более мелкие трещины имеют несколько систем направлений. Особенно сильно монцониты раздроблены и разбиты трещинами вблизи главного разлома.

Оруденелыми вмещающими породами Каджарана являются гидротермально измененные монцониты и, значительно реже, свежие их разности. Монцониты сильно изменены, обесцвечены и подвергнуты в различной степени процессам окварцевания, серицитизации, карбонатизации, каолинизации, хлоритизации.

В результате воздействия гидротермальных растворов на монцониты, в рудном поле образовалось значительное число разновидностей измененных пород:

1. Серицито-кварцевые («вторичные кварциты»).
2. Серицито-кварцево-полевошпатовые.
3. Полевошпатово-карбонатные.
4. Сильно измененные гидротермальные жильные порфиры.

Вопрос о роли даек порфиров в общем формировании месторождения, имеющий существенное значение для ряда практических выводов, долгое время являлся предметом спо-

ров различных исследователей. В дальнейшем, вслед за И. Н. Чирковым, В. Г. Грушевым, С. А. Мовсисяном, все исследователи пришли к единому мнению, что внедрение даек предшествовало оруденению. Отмечается явно зональное распределение оруденения вдоль даек (особенно четко, при условии их пологого залегания). Сами же плотные породы даек гранодиорит-порфиров либо совершенно безрудны, либо оруденелы очень слабо.

Медно-молибденовое оруденение Каджарана, в основном, характеризуется штокверково-вкрапленным и жильным типами. Первый из них играет наиболее существенную роль в месторождении и, в основном, контролируется дайками гранодиорит-порфиров и тектоническими трещинами, к которым приурочены кварцево-рудные жилы.

В общем поле громадного штокверка месторождения разведочными работами обнаружен ряд крупных рудных зон с мощностью, колеблющейся от 20 до 100 м и простирающихся на сотни метров в длину и на глубину.

Наиболее интересной является зона, выявленная к югу от Центральной дайки. Зона имеет СЗ простирание и крутое падение на ЮВ. Простирается на несколько сот метров. Характеризуется более повышенным содержанием металлов, чем во вмещающих слабо измененных монзонитах и увеличением содержания металлов с востока на запад.

Разведочные работы последних лет выявили на Центральном участке, на более глубоких горизонтах (2075 м, 2025 м) ряд мощных, слепых кварцево-сульфидных жил с интенсивным, главным образом, молибденитовым оруденением. В основном преобладают жилы СЗ простирания (СЗ 300—320° с падением на СВ под $<45-60^\circ$), но встречены почти широтные жилы с падением на СЗ под $<50-70^\circ$. Некоторые из жил по простиранию прослеживаются до 300 м. Мощность жил варьирует в пределах 0,10—7 м. С глубиной количество жил увеличивается. Руды кварцевых жил являются богатейшей рудой и в настоящее время разрабатываются как самостоятельные промышленные объекты.

Ниже приводится список первичных минералов и минералов зоны вторичного сульфидного обогащения по данным

всех существующих отчетов и наших наблюдений. Перечень гипергенных минералов приведен в следующей главе.

Из первичных рудных минералов отмечены: халькопирит, молибденит, пирит, гематит, сфалерит, галенит, магнетит, энаргит, борнит, блеклая руда, висмутин, виттихенит, эмплектит, аргентит, пирротин, станнин, штернбергит, линнеит-зигенит. Из минералов зоны вторичного сульфидного обогащения присутствуют: ковеллин, борнит, халькозин.*

Кроме перечисленных минералов, в состав руд входят минералы вмещающих монзонитов — кварц, карбонаты, калиевый полевой шпат, каолинит, хлорит, серицит, мусковит, альбит, апатит, эпидот, биотит, рутил, ильменит, турмалин, топаз (?), флюорит.

По ассоциации минералов основное оруденение Каджарана относят к переходному от высоко- к среднетемпературному типу.

2. ХАРАКТЕР РАЗВИТИЯ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ

На характер развития зоны окисления любого сульфидного месторождения влияет ряд факторов, из которых наиболее существенны следующие: пострудная тектоника, климатические условия, особенности морфологии и состава рудных тел, рельеф, химизм подземных рудничных вод и др.

Район Каджарана является лишь небольшой частью одного из восточных отрогов сравнительно молодого Конгуро-Алангезского хребта. Рельеф площади месторождения резко расчлененный, типичный для горных областей с интенсивно продолжающейся эрозией.

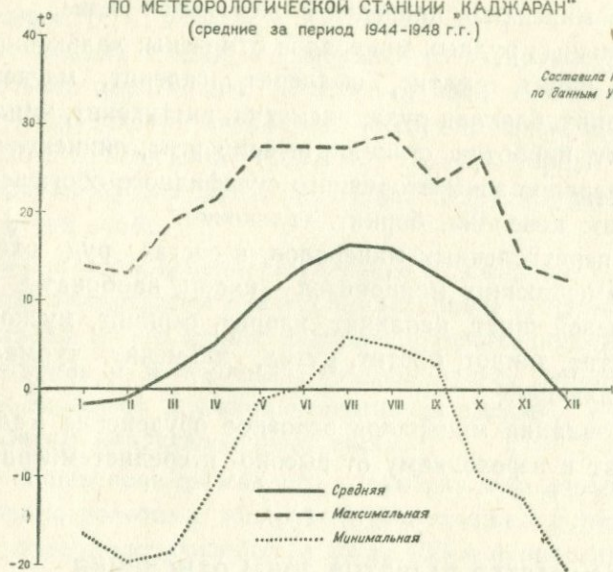
Климатические условия Каджарана приближаются к континентальным.

Представленные ниже графики (фиг. 3, 4) иллюстрируют изменения температуры воздуха (взяты средние значения за период 1944—1948 гг.) и количества осадков по месяцам за период 1950—1955 гг. Средняя максимальная температура воздуха $+15^{\circ}\text{C}$, средняя минимальная $-20,5^{\circ}\text{C}$.

* Кроме того, в участках развития локального полиметаллического оруденения Фарамазом А. С. (69) в последнее время были установлены самородный висмут и ряд минералов теллура.

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА
ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ „КАДЖАРАН“
(средние за период 1944-1948 г.г.)

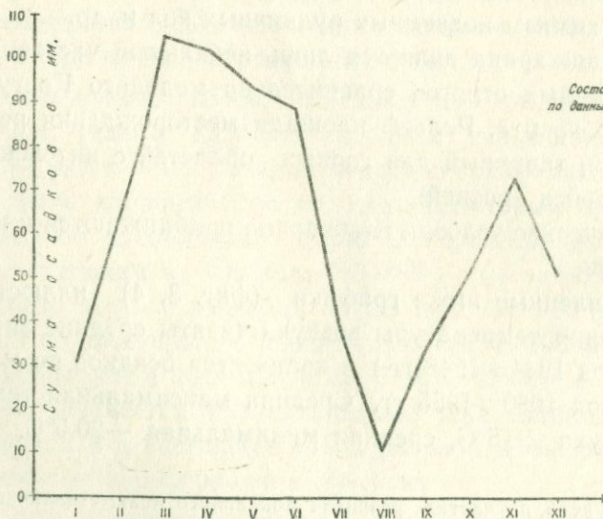
Составила Н.А. АКОПЯН
по данным УЕГМС Арм. ССР



Фиг. 3.

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ ПО МЕСЯЦАМ
ПО ДАННЫМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ „КАДЖАРАН“
(средние за период 1950-1955 г.г.)

Составила Н.А. АКОПЯН
по данным УЕГМС Арм. ССР



Фиг. 4.

Наиболее теплыми месяцами являются июль и август, когда температура воздуха доходит до $16,4^{\circ}\text{C}$, наиболее холодным временем года является период с декабря по февраль (температура воздуха падает до -20°C). Средняя сумма осадков достигает 773,6 мм в год. Иногда отмечаются сильные ливни, до 100 мм в сутки, сопровождаемые селевыми потоками, но они редки.

Вследствие того, что главные участки месторождения (Центральный и Северо-восточный) расположены на склонах относительно небольших горных возвышенностей, вытянутых почти в широтном направлении, наблюдается резкое различие температурных условий для южных и северных склонов.

Южные склоны обнажены и почти не задернованы, что объясняется быстрой потерей снежного покрова и сносом разрушенного материала талыми водами. Мощность наносов (элювия) северных склонов иногда достигает более десятка метров. На северных склонах снежный покров держится значительно дольше. Таяние его протекает медленно, что создает, с одной стороны, благоприятную предпосылку для просачивания талых вод вглубь и, тем самым благоприятствует образованию большого количества окисленного материала, а, с другой стороны, препятствует возникновению бурных потоков, сносящих материал наносов. Этим обуславливается и различие в развитии элювиального покрова обоих склонов, что также влияет на своеобразие гипергенных минералогических ассоциаций зоны окисления обоих склонов и на глубину ее распространения.

Известно, что при вкрапленном характере распределения сульфидов процессы окисления будут протекать значительно медленнее, чем в случаях наличия сплошных руд, так как доступ окисляющих агентов к каждому отдельному вкрапленнику более затруднителен.

Характер рассеянного штокверково-вкрапленного типа оруденения Каджарана, создающего тончайшую мозаичную картину общего сульфидного оруденения громадного поля месторождения, является неблагоприятным моментом для образования значительных накоплений отдельных гипергенных минералов. Поэтому сплошь и рядом окисленные минералы

главных компонентов — меди и молибдена — представлены тончайшими корочками, налетами, небольшими друзами и очень редко они наблюдаются в виде более или менее значительных скоплений.

На образование хорошо выраженной зоны окисления, безусловно, влияет ряд факторов и чисто местного значения, например, структурно-тектонические особенности месторождения. В частности, для Каджарана циркуляция рудничных вод, а отсюда, и окисляющее их действие на оруденелые монциты, в значительной степени зависит от сильной трещиноватости горю, наличия многочисленных даек и, следовательно, их контактов и т. д. Поэтому нижняя граница зоны окисления на Каджаране не является выдержанной, глубина проникновения зоны окисленных руд колеблется от 30 до 50 м. Локальные небольшие участки, затронутые процессами окисления по трещинам, нередко встречаются и на больших глубинах, до 200 м. В связи с необходимостью вывода фактических балансовых руд месторождения, разведочные работы специально оконтуривали нижнюю границу зоны окисления. В результате разведки было установлено, что граница эта в разрезе имеет извилистые очертания, схожие с рельефом самой горы Центрального участка (фиг. 5).

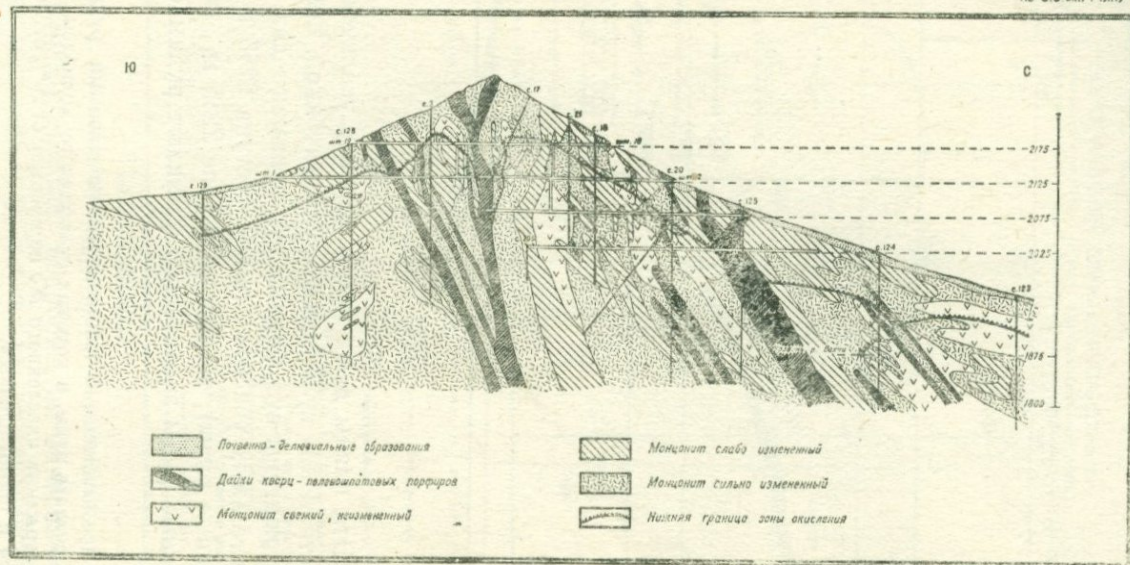
В зоне окисления Каджарана, помимо собственно полуокисленных и нацело окисленных руд, наблюдаются в тех или иных количествах и практически почти не окисленные руды. Полуокисленные и нацело окисленные руды составляют главную, основную часть зоны окисления.

Проводимые за последние годы вскрышные работы на Центральном участке, главным образом, в его западной части, в настоящее время дают возможность проследить какую-то часть месторождения по вертикали. Вскрышные работы проводятся отдельными уступами, которые на I.VIII 1956 года имели следующие отметки: 2210, 2225, 2235, 2245, 2255, 2265, 2275 м. На фиг. 6, 7, 8 представлены горизонтные планы части уступов 2255, 2245, 2235 м, по данным рудника открытых работ. На них оконтурены участки распространения промышленных, сульфидных руд, вся остальная площадь занята окисленными забалансовыми ру-

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ КАДЖАРАНСКОГО МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

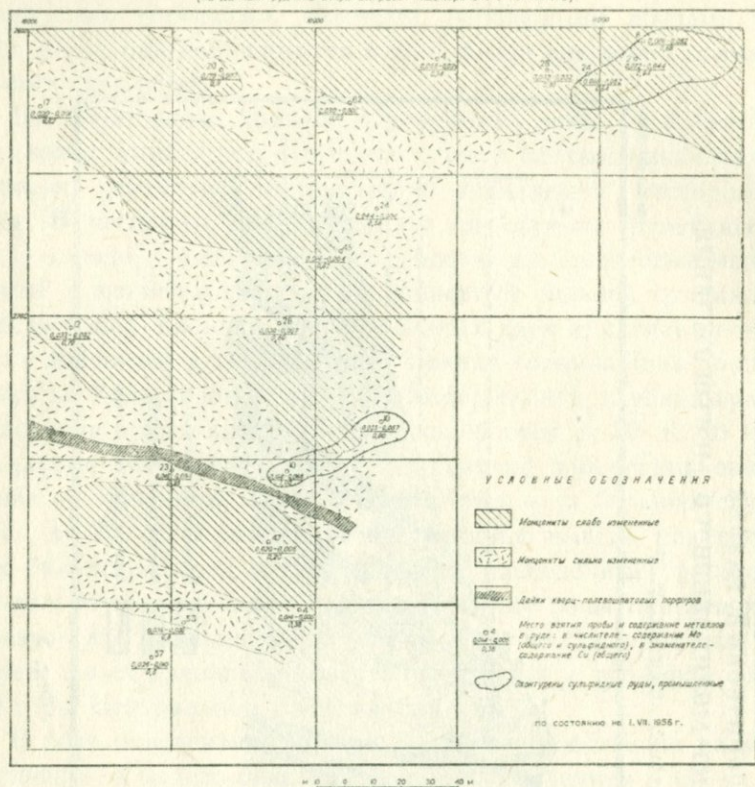
0 50 100 150 200 250 м

По С.С. ИКРТАНУ



Фиг. 5

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПЛАН УСТУПА 2255 М
(по данным рудника открытой работ Каджарского комбината)



Фиг. 6

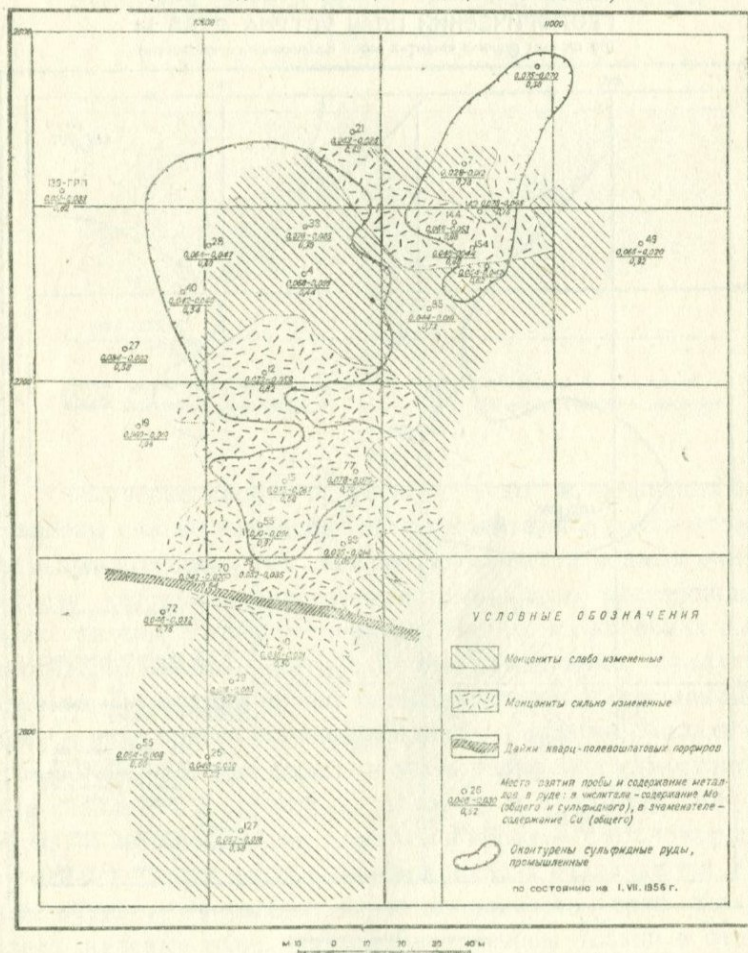
дами.* Эти планы дают ясную картину увеличения площади распространения сульфидных руд с глубиной. Если на уступе 2255 м контуры сульфидных руд занимают два небольших, незначительных участка (выше уступа 2255 м — сплошные окисленные руды), то уже на уступе 2235 м, забалансовые, окисленные руды значительно уступают рудам сульфидным.

* Промышленными собственно молибденовыми рудами на руднике принято считать руды, в которых сульфидного молибдена больше 0,04%. Если содержание окисленного Mo не превышает 20% от общего, то руды относятся к промышленным.

К непромышленным, забалансовым рудам, относятся руды, в которых сульфидного Mo меньше 0,04%.

Довольно часто в карьере между отдельными уступами наблюдается картина, аналогичная зарисовке (фиг. 9), на которой изображены «языки» свежих сульфидных руд, в массе нацело окисленных руд.

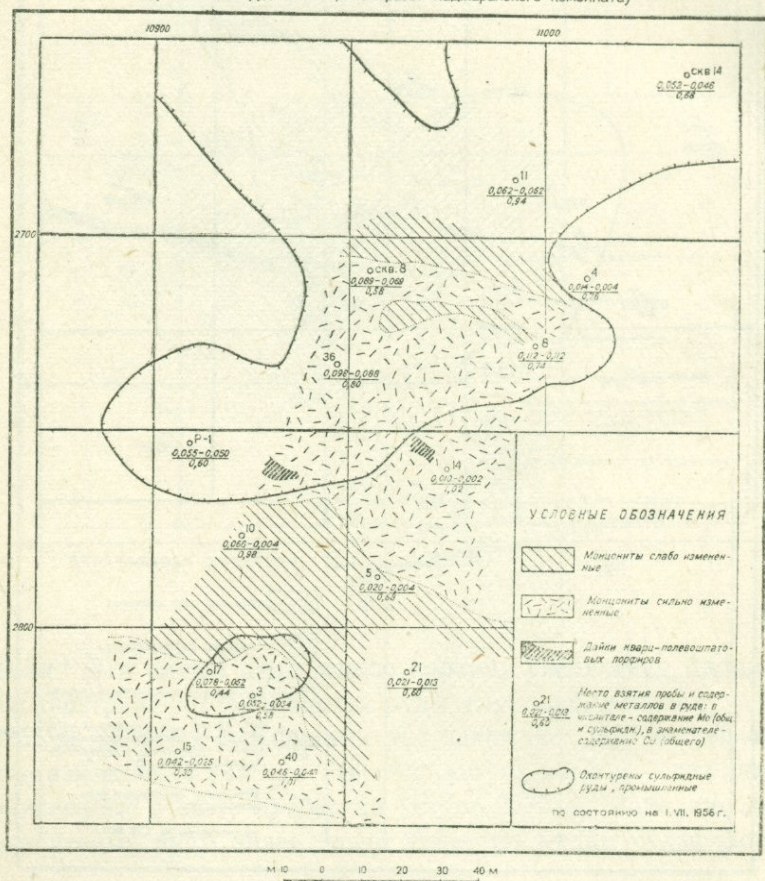
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПЛАН УСТУПА 2245 м
(по данным рудника открытых работ Маджарамского комбината)



Детальный просмотр поверхности месторождения, главным образом его главных участков — Центрального и Северо-восточного, ряда старых и всех новых выработок, и последующая камеральная обработка собранной коллекции позволяют нам выделить для зоны окисления Каджарана следующие собственно гипергенные минералы. Широко распространены:

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПЛАН УСТУПА 2235 М

(по данным рудника открытых работ Каджаранского комбината)



Фиг. 8

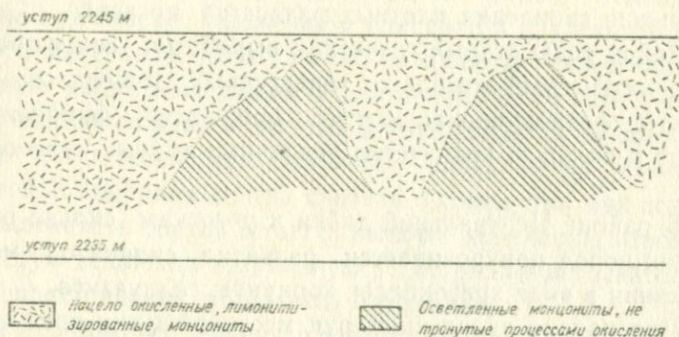
вся группа водных окислов железа, так называемые «лимониты» (стильпносидерит, гидрогематит, турьит, гидрогётит, гётит), малахит, лампадит, медно-марганцовая смоляная руда.

Менее распространены: азурит, куприт, ярозит, феррокупрохалькантит, хризоколла, галлуазит, гипс, тенорит (?); редки — повеллит, ферримолибдит, самородная медь, фиброферрит, брошантит, корнуит, барит, кварц, эозит (?) смитсонит, церуссит, каламин.

ЗАРИСОВКА СТЕНКИ МЕЖДУ УСТУПАМИ 2245 м — 2235 м

(из 23.VII.1956 г.)

0 2 4 6 8 10 м



Фиг. 9

Собственно нацело окисленные руды в основном представлены сильно измененными монцититами с почти постоянным присутствием тех или иных количеств водных окислов железа, которые в приповерхностных частях месторождения представлены стильпно-сидеритом. Иногда на корочках стильпно-сидерита наблюдаются натечные выделения малахита и азурита. Последний развит большей частью по трещинам породы в виде кристалликов, собранных в розетки. Малахит часто пронизывает всю породу и очень редко дает самостоятельные скопления. В открытых полостях и пустотках малахит образует почкообразные агрегаты и корочки с колломорфным строением. Среди водных окислов железа различаются, главным образом: 1) рыхлые охристые разности ярко желтого цвета; красные охры (турьит ?) отмечены только в отдельных участках и распространены, главным образом, на южном склоне Центрального участка, 2) плотные, ноздреватые или ячеистые, с пленками стильпно-сидерита, 3) железняки на месте вмещающих пород с реликтовой структурой густо развитых в них жилок кварца; 4) очень плотные, красноватые же-

лезняки с раковистым изломом и небольшими участками ярозита.

Для нацело измененных руд характерно наличие лампадита, развивающегося как в поверхностных частях месторождения, так и на более глубоких горизонтах. Наряду с лампадитом широко развиты корки медно-марганцевой смоляной руды. К участкам многочисленных трещин отдельности окварцованных или нацело лимонитизированных пород приурочены небольшие скопления плотных разностей ярозита.

Район зоны старых греческих выработок содержит особенно интересный комплекс гипергенных минералов. Здесь развиты феррокупрохалькантит, брошантит, фиброферрит, ярозит и большое количество различных водных окислов железа.

В районе Центральной дайки к участкам сильно окремневших пород приурочивается развитие силикатов меди и алюминия в виде хризоколлы, корнунита, галлаузита.

Для нацело окисленных руд месторождения присутствие водных молибдатов железа и кальция (повеллита, ферримолибдита) является совершенно не характерным. Эти минералы вообще редки на всех участках месторождения, и если они присутствуют, то главным образом, в полуокисленных рудах.

Под полуокисленными рудами подразумеваются те, в которых сульфиды меди, молибдена и железа изменены не полностью. Очень часто полуокисленные руды чередуются с нацело окисленными и практически их выделение в какие-то самостоятельные участки не представляется возможным. Вообще как на поверхности всех участков, так и в выработках в зоне окисления, наряду с нацело окисленными рудами, присутствуют совершенно неизмененные оруденелые монцониты, в которых первичные сульфиды почти не затронуты процессами окисления.

Границы зон окисления и вторичного сульфидного обогащения выражены извилистыми поверхностями и часто не могут быть точно установлены. Минералы зоны вторичного сульфидного обогащения — ковеллин, халькозин, борнит — распространены повсеместно, но в небольших количествах.

Прежде чем перейти к описанию отдельных гипогенных и гипергенных минералов, вкратце остановимся на условиях

сбора материала в Каджаране и различных методах, необходимых при минералогическом диагностировании.

При сборе каменного материала тщательно была рассмотрена поверхность, вся масса шурфов и канав, пройденных для купрометрической съемки и для детальной съемки, старые греческие выработки на Центральном участке. Детально рассмотрены керны скважин, все горные выработки и их отвалы и, наконец, все уступы рудника открытых работ. Основное внимание при отборе, дальнейшем описании и изучении всего штуфного материала было уделено различным гипергенным минералам, характеризующим и слагающим зону окисления. Отрицательным моментом работы в поле является то обстоятельство, что, к сожалению, просмотр большинства горных выработок Каджарана нельзя считать полным, так как сильная запыленность бортов штолен, наличие креплений, вероятно, зачастую искажали визуальную регистрацию действительного распространения отдельных минералов.

Для правильных выводов и различных обобщений прежде всего требуется знание всего комплекса имеющихся минералов. Точная диагностика минералов вторичных процессов требует разнообразных методов минералогических исследований, из которых наиболее важные следующие: химический, спектроскопический, микроскопический, иммерсионный, термический и ряд других. Конечно, не все указанные методы равноценны для определения каждого конкретного минерала, но в совокупности или раздельно они почти все необходимы для характеристики гипергенных образований.

3. ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ

Порядок изложения материала следующий: вначале даются краткие описания минералов первичного оруденения и вторичного сульфидного обогащения, затем следует подробное описание минералов зоны окисления и, наконец, в конце приводятся очень краткие данные о минералах гидротермально измененных пород.

В пределах каждой группы минералы распределены по системе Дана.

а) МИНЕРАЛЫ ПЕРВИЧНОГО ОРУДЕНЕНИЯ (ГИПОГЕННЫЕ)

Висмутин. Отмечен под микроскопом в редких шлифах в виде включений в зернах халькопирита*.

Молибденит. Широко распространенный минерал месторождения. Наблюдается, главным образом, в кварцевых жилах и самостоятельными прожилками, значительно реже в виде рассеянной вкрапленности во вмещающих породах. Большей частью величина отдельных индивидуумов молибденита, представленных листочками, колеблется от долей до нескольких мм, редко больше. В кварцевых жилах скопления молибденита обычно приурочены к зальбандам. Для молибденита очень характерен почти постоянный его парагенезис с кварцем. На фиг. 10 можно видеть обычное взаимоотношение мо-



Фиг. 10. Штольня 3/60 ($\times 320$)
Проникновение халькопирита (сп)
вдоль спайности зерна
молибденита.

либденита и халькопирита: халькопирит выделился явно позже молибденита, его зерна проникают между отдельными листочками молибденита, иногда разъедают их. Взаимоотношения галенита и сфалерита с молибденитом свидетельствуют о более раннем выделении последнего. Тонкие молибденитовые прожилки, заполняющие трещинки дробления в зернах пирита, до-

казывают более раннее образование последнего. С молибденитом связано содержание рения, по-видимому, входящего в состав минерала в виде изоморфной примеси.

Галенит. Имеет относительно небольшое распространение. Макроскопически устанавливается в единичных пунктах, главным образом, в кварц-карбонатных прожилках в виде мелких включений отдельных скоплений. Галенит почти всегда ассоциируется со сфалеритом, реже с теннантитом и халькопиритом; иногда удается установить более позднее выделение галенита по отношению к сфалериту.

* При последующих деталях исследования руд Г. О. Пиджяном и др. установлено широкое развитие висмутина в полях халькопирита.

Аргентит и штернберgit. Аргентит в виде эмульсионной вкрапленности присутствует иногда в галените (С. А. Мовсесян, 46). В ассоциации с аргентитом З. В. Рупасова для одного шлифа отмечает и наличие штернбергита.

Сфалерит. Имеет аналогичное с галенитом распространение и обычно наблюдается с ним совместно. Обнаруживаются две разновидности сфалерита: медово-желтая и совсем черная. Скопления зерен сфалерита почти всегда содержат тонкую эмульсионную вкрапленность халькопирита, характерную для структур распада.

Иногда присутствует на больших глубинах (скв. 63, шт. 32). На фиг. 11 при очень большом увеличении ($\times 700$) показано своеобразное замещение сфалерита галенитом (см. описание галенита).



Фиг. 11. Скв. 11/9 м $\times 700$
Своеобразное замещение
сфалерита (sl) галенитом (ga).

Пирротин. Развита в незначительном количестве в виде тонких, микроскопических жилок и выделений, приуроченных к скоплениям и отдельным зернам пирита, замещающая последний.

Борнит. Встречается в небольшом количестве повсеместно, но большей частью как вторичный минерал; только изредка устанавливается взаимное прорастание халькопирита с борнитом, свидетельствующее о первичном образовании последнего.

Линнеит (Co_3S_4) и зигенит ($\text{[Co, Ni}_3\text{]S}_4$). В ряде просмотренных шлифов из жилы 6 (штольня 36, Центр. участок), в сплошных полях пирита, были обнаружены мельчайшие выделения двух гипогенных минералов по всем данным (цвет кремово-белый с коричневым оттенком, изотропный, R едва заметно ниже, чем у пирита), очень похожих на линнеит и зигенит. Присутствие кобальтовых минералов в рудах Каджарана весьма вероятно, что подтверждают и спектральные анализы, установившие средние линии кобальта в чистых фракциях пирита.

Халькопирит. Широко распространенный минерал Каджарана, определяющий вместе с молибденитом ценность руд. Можно различать следующие обычные формы выделения халькопирита: первая — в виде вкрапленников и небольших скоплений во вмещающих монцонитах; вторая — в виде коротких, маломощных, чисто халькопиритовых прожилков в монцонитах и, наконец, третья — в виде вкрапленников и тонких прожилков, приуроченных к кварцевым жилам (мелким и крупным). Отдельные агрегаты зерен халькопирита обычно имеют неправильные очертания и размер их колеблется в пределах от долей мм до 2—4 см. Халькопирит часто наблюдается вместе с остальными



Фиг. 12. Штольня 3/165м×170.
Прожилок энаргита (ep) сечет
поле халькопирита (cp).

рудными минералами месторождения. Взаимоотношения халькопирита с молибденитом описаны выше (см. „Молибденит“). Образование сфалерита, галенита, энаргита (фиг. 12) происходило позже халькопирита или одновременно с ним.

Подобное взаимоотношение с халькопиритом отмечается и для блеклой руды (З. В. Рупасова). Магнетит

и пирит выделились ранее халькопирита. В пределах зоны окисления и цементации халькопирит изменяется, частично замещается вторичными медными минералами. В зоне окисления за счет халькопирита образовались карбонаты — малахит, азурит и др.; в зоне цементации халькопирит замещается борнитом, халькозином, ковеллином, причем почти всегда в такой последовательности: вокруг зерен халькопирита развиваются каемки борнита и уже последний замещается халькозином и ковеллином. Характер замещения большей частью однообразен: по густой сети тончайших трещинок и в виде кайм по периферии зерен халькопирита. Очень часто халькопирит замещается лимонитом; в этом случае почти постоянно в начале поля халькопирита окаймлены халькозином, а затем уже развивается лимонит.

Пирит. Один из самых распространенных минералов месторождения. Обнаруживается повсеместно, главным образом, в виде хорошо образованных кубиков, вкрапленных в монциты, кварцевые жилы и, нередко, в порфировых дайках. Значительно реже пирит наблюдается в виде зерен с неправильными очертаниями. Иногда скопления зерен пирита интенсивно раздроблены. Содержание пирита заметно повышается в некоторых кварцевых жилах и окварцованных зонах. Выделяется в течение длительного периода всего процесса формирования месторождения. Является наиболее ранним сульфидным минералом, но несколько более поздним, чем гематит и магнетит; характерен и для поздних этапов минерализации, выделяясь в халцедоно-карбонатных и кварц-карбонатных жилах. На поверхности и на небольших глубинах пирит нацело или частично замещен лимонитом.

Эмплектит и виттихенит. В единичных шлифах отмечены З. В. Рупасовой и рядом других исследователей. По ее наблюдениям, распространение этих минералов и парагенетические их ассоциации аналогичны; оба они тесно связаны с висмутином.

Блеклая руда. Имеет незначительное распространение. Устанавливается только под микроскопом в виде мелких зерен, каемок в ассоциации с халькопиритом, сфалеритом, галенитом и пиритом; особенно характерна тесная ассоциация блеклой руды с энаргитом. Характерный слабо-зеленоватый оттенок (в отраженном свете), положительная реакция на мышьяк (методом отпечатков в аншлифах) позволяют нам отнести блеклую руду Каджарана, скорее всего, к теннантиту.

Энаргит. По И. Г. Магакьяну, в Каджаране, так же как и в Агараке, энаргит представлен скорее моноклинной модификацией энаргита — люцитом, что подтверждается его диагностическими данными: более розовым оттенком, чем у энаргита, полисинтетически двойниковым строением, косым углом погасания. По данным ряда исследователей, энаргит сравнительно мало распространенный минерал Каджарана. Однако целый ряд просмотренных нами шлифов из материала обогатительной фабрики (слива классификатора, медных концентратов, «хвостов») позволяет считать распространенность энаргита в рудах месторождения более широ-

кой. Обычно обнаруживается в тесной ассоциации с халькопиритом, с которым он дает сростания; иногда же прожилки энаргита ясно секут агрегаты халькопирита (фиг. 12), что свидетельствует о более позднем образовании энаргита. Большей частью развивается по периферии полей халькопирита, образуя каемки.

Станнин. М. П. Исаенко отмечает присутствие эмульсионных выделений станнина, развитых в полях халькопирита. Это подтверждают и спектральные анализы, обнаружившие в последней линии олова.

Гематит. Распространенный минерал, по значительных скоплений не дает. Наблюдается в виде небольших пластинок, чешуек; часто развивается среди скоплений и отдельных зерен пирита. Иногда псевдоморфно замещает магнетит (мартит) (фиг. 13), (главным образом, в участках развития окисленных руд). В одном



Фиг. 13. Образец 130/39. Центральный участок. Южный склон $\times 130$. Замещение гематитом (he) магнетита (mt) (мартитизация).

подлированном шлифе из скважины № 2 (глуб. 174 м) при очень большом увеличении были отмечены в зерне пирита (с кубическими очертаниями) включения множества удлиненных пластинок гематита.

Магнетит. Большого распространения не имеет. В штокерковых рудах встречается редко. Наиболее значительные выделения этого минерала отмечены в ущелье

Давачи и на южном склоне Центрального участка. Здесь магнетит образует небольшие линзы, размеры которых в поперечнике колеблются в пределах от долей метра до нескольких метров. Обычно магнетит наблюдается в сростании с молибденитом и халькопиритом.

Отмечается залечивание трещин дробления магнетита халькопиритом, пиритом, молибденитом, что свидетельствует о более раннем выделении магнетита по отношению к сульфидам. Гематит и магнетит выделились почти одновременно.

Шеелит. О наличии шеелита в рудах Каджарана указывает ряд исследователей. Встречен он в шлифах и в проточках из рудных штуфов, взятых из отвалов многих штолен; относительно значительные его количества отмечены для участка рудного поля, тяготеющего к ущелью р. Хиар-Дара.

б. МИНЕРАЛЫ ЗОНЫ ВТОРИЧНОГО СУЛЬФИДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ

Халькозин. Типичный минерал зоны цементации, не имеющий на Каджаране широкого распространения. Нередко в поверхностных частях месторождения обнаруживаются тончайшие прожилки халькозина в тесной ассоциации с малахитом и самородной медью. Обычно халькозин замещает халькопирит и борнит, главным образом, образуясь за счет последнего.

Ковеллин. По распространенности сходен с халькозином, образует с ним тесные сростания. Обычно замещает зерна халькопирита, борнита и часто халькозина. С. А. Мовсесян (46) склонен часть ковеллина считать первичным. М. П. Исаенко указывает на наличие участков ковеллина с колломорфным строением.

Борнит. Наблюдается в виде небольших выделений и часто замещает халькопирит, образуя прожилки и каемки в последнем.

в. МИНЕРАЛЫ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ

Список минералов, установленных в зоне окисления Каджаранского месторождения

Самородная медь	Cu *
*Кварц	SiO ₂
Куприт	Cu ₂ O *
Тенорит	CuO *
Лимониты	$\left\{ \begin{array}{l} \text{*стильпнооксидерит} \\ \text{гётит} \\ \text{гидрогётит} \end{array} \right.$
Гидрогематит	$(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot (0-1) \text{H}_2\text{O}$
*Ламцадит	псиломелан (вад) богатый медью $n\text{RO} \cdot n\text{MnO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O}$

* Медно-марганцовая смоляная руда	$m\text{CuO} \cdot n\text{MnO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O}$
Смитсонит	$\text{ZnO} \cdot \text{CO}_2$
Церуссит	$\text{PbO} \cdot \text{CO}_2$
* Малахит	$2\text{CuO} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
* Азурит	$3\text{CuO} \cdot 2\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Каламин	$2\text{ZnO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
* Галлуазит	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot (2+n)\text{H}_2\text{O}$
* Хризоколл	$\text{CuO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
* Корнунт	"
Барит	$\text{BaO} \cdot \text{SO}_3$
* Брошантит	$4\text{CuO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Гипс	$\text{CaO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
* Феррокупрохалькантит	$(\text{Fe}, \text{Cu})\text{O} \cdot \text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
* Фиброферрит	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
* Ярозит	$\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Повеллит	$\text{CaO} \cdot \text{MoO}_3$
Ферримolibдит	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{MoO}_3 \cdot 7\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
Эозит	$\text{PbO}(\text{Mo}, \text{V})\text{O}_3(?)$

Самородная медь. О спорадических находках незначительных количеств самородной меди указывается кратко во всех последних отчетах по месторождению. П. П. Цамерян отмечает, что самородная медь тончайшими жилками иногда замещает куприт и лимонит, распределяясь в последнем по трещинкам.

Нами самородная медь была установлена в кернах скважин (скв. 17 — Центральный участок, северный склон, на глубинах 39,5 и 67,5 м; в скв. 18 — Центральный участок, северный склон, на глуб. 85,5 м), в штольне I на Центральном участке на расстоянии 308 м от устья выработки и в некоторых полированных шлифах образцов, взятых из карьера и канав и шурфов на поверхности Центрального участка. Макроскопически выделения самородной меди наиболее хорошо различимы в керне скважины № 17 (глуб. 67,5 м). КERN представлен почти свежим, слабо оруденелым монцитом, лишь слегка заохренным по трещинкам. Вдоль заохренных трещинок самородная медь развивается в виде небольших моховидных скоплений неправильной формы, дендритов

* Минералы, установленные впервые в месторождении автором.

и тончайших жилок. Цвет в изломе медно-красный. Излом крючковатый. Размеры отдельных дендритов и жилок колеблются в пределах долей мм, редко больше.

В керне скважины № 18 (глуб. 85,5 м) микроскопические скопления самородной меди приурочены к ноздреватому белому кварцу. Медь располагается не в самом кварце, а в черном лимонитизированном материале, которым выполнены трещинки и пустотки в кварце.

В ряде образцов с поверхности Центрального участка (северный и южный склоны) выделения самородной меди ассоциируются с халькозином, ковеллином и в меньшей степени — с малахитом.

Небольшие микроскопические включения самородной меди самой разнообразной формы, наблюдаемые в халькозиновых жилках, заключенных в обогащенных малахитом измененных вмещающих породах, ясно свидетельствуют об образовании, по крайней мере, части самородной меди за счет халькозина.

Наиболее значительные скопления самородной меди были обнаружены в штольне 1 на Центральном участке (см. ниже описание куприта) в ассоциации с кристаллическим купритом и стильноносидеритом. Самородная медь представлена отдельными дендритовыми агрегатами мелких зернышек неправильной формы; их величина отвечает долям мм. Под микроскопом в куприте обнаруживаются тончайшие прожилки и мелкие зерна самородной меди (фиг. 14).

Кварц. Гипергенный кварц встречается в ряде пунктов поверхности. Большей частью он приурочен к нацело лимонитизированным участкам сильно измененных монцитов. Представлен хорошо образованными мелкими кристалликами размером до 0,5 мм. Щетки кристалликов обычно развиваются на бугорчатой поверхности стильноносидерита. Отдельные кристаллики иногда покрыты незначительными пленками ярозита. Помимо кристаллических щеток, гипергенный кварц представлен тончайшими жилками в ноздреватом лимоните, причем и в этих жилках он представлен кристалликами. В жилках гипергенный кварц совершенно белый, почти прозрачный, резко отличается от сливного гидротермального кварца, развитого здесь же по трещинкам в породе.

Куприт. Куприт в количественном отношении, по сравнению с самородной медью, более распространен в рудах Каджарана. Устанавливается, главным образом, под микроскопом в аншлифах образцов с поверхности и из выработок



Фиг. 14. Образец шт. 1/308. Центральный участок $\times 76$.
Куприт (белое) с мелкими рассеянными зернами
самородной меди.

Центрального и Северо-восточного участков. Обычно куприт ассоциируется с халькопиритом, халькозином, лимонитом и малахитом, причем в последнем он, по наблюдениям С. А. Мовсисяна, образует самостоятельные скопления. Нами, помимо ряда полированных шлифов, куприт был обнаружен макроскопически в штольне 1 на Центральном участке, на расстоянии 308 м от устья выработки (по вертикали от дневной поверхности примерно на глуб. 150 м). Здесь, вдоль левого борта и потолка выработки, в сильно измененном, заохренном, каолинизированном, местами «выщелоченном» монцоните, в ассоциации с халькопиритом (реликтовые остатки) вторичными медными минералами (халькозином), малахитом, самородной медью, азуритом и лимонитом, на протяжении около 2 м были встречены скопления куприта в кристаллах и реже сплошными массами. Форма кристаллов — октаэдры. Величина отдельных кристаллов колеблется в пределах от долей мм до 1 мм. Нередко на поверхностях кристаллов наблюдается яркая побежалость. Часто кристаллы куприта «сидят» на дендритах самородной меди. Под микро-

скопом в полированных шлифах наблюдаются хорошо выраженные кристаллы и агрегаты кристаллов куприта в ассоциации с халькозином. Иногда в куприте рассеяны мелкие зерна самородной меди. Образование кристаллов куприта шло путем отложения из растворов.

Тенорит. Минерал нами не обнаружен. Возможно, что черные землистые, порошкообразные массы, принимаемые рядом исследователей за тенорит, являются лампадитом (см. ниже описание лампадита).

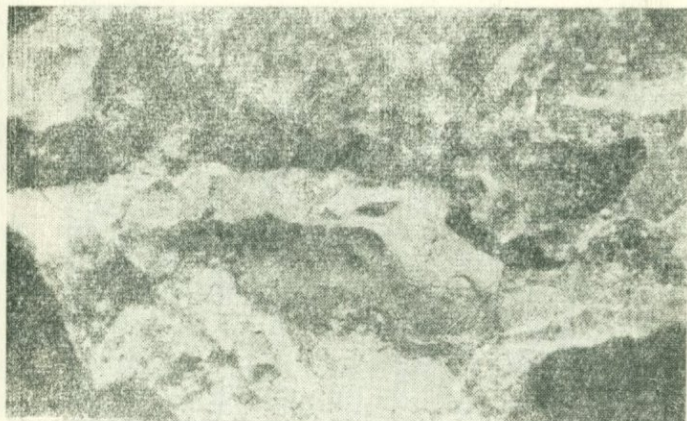
Лимониты. Большая группа лимонитов, наиболее существенная в общей сумме минералов зоны окисления, описана, как уже отмечалось выше, в отчете по купрометрической съемке инж. И. А. Тараяном.

Нами, в свою очередь, было собрано множество форм лимонитовых образований. При описании внешних признаков отмечались структурные и текстурные особенности, окраска, оттенки каждого цвета, исходный первоначальный материал, по которому возник тот или иной лимонит, взаимоотношения с вмещающими породами, взаимоотношения с минералами, возникшими за счет окисления минералов меди и молибдена и т. д. Лимониты обычно имеют много различных форм отложения. При изучении Каджаранских лимонитов фиксировалось все разнообразие их агрегатов: корки, налеты, выполнение пустот и трещин, сплошные скопления, рассеянные выделения в массе породы и т. д. Определялась последовательность выделения лимонитовых образований.

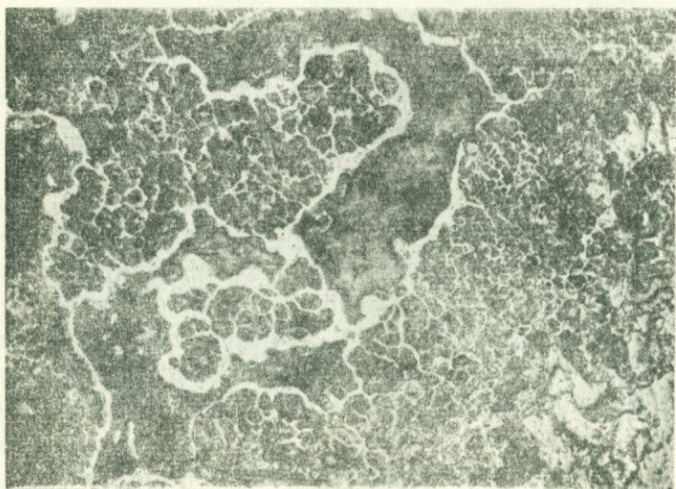
Все лимониты Каджарана разделяются на два типа: лимониты отложения («перенесенные и отложенные вдали от места своего образования») и лимониты замещения («образовавшиеся и отложившиеся тут же на месте») при преобладающем значении для месторождения первого типа. К лимонитам отложения относятся: окрашивающие, пропитывающие и дендритовидные. К лимонитам замещения — грубосетчатые, вкрапленные (псевдоморфные) и смоляной. На Каджаране окрашивающие, пропитывающие и дендритовидные (последние большей частью приурочены к трещинкам в породе) лимониты распространены весьма широко. Окрашивающие и пропитывающие лимониты, так называемые «рыхлые охры», в основном, желтые, редко с красноватым оттенком. Только

на южном склоне, в районе старых греческих выработок наблюдаются относительно повышенные количества красноватых разностей охр (возможно турьита). Лимониты с сетчатой и ящичной текстурой распространены повсеместно, но встречаются реже, чем смоляная разность. Последняя широко распространена в пределах зоны окисления Каджарана и относится нами к типу «стильпносидерит» (обычно с жирным блеском от примеси кремнезема или фосфорной кислоты).

Согласно Б. П. Кротову (39), минерал стильпносидерит еще недостаточно изучен, т. к. не уточнено количество присутствующей в нем воды, неясно обычно ли содержание фосфорной кислоты и ряд других вопросов. В Каджаране он наблюдается большей частью в виде корочек, небольших почкообразных выделений (от 2—3 мм в поперечнике и более) и жилок в измененных вмещающих монцонитах (фиг. 16). Нередко корки минерала имеют концентрическое сложение. Обычно стильпносидерит окрашен в черный цвет, реже в бурый. Блеск смолистый. Цвет черты бурый. Излом плоскораковистый. Реакция на фосфор положительная. Результаты спектрального анализа чистой разности стильпносидерита приведены в табл. 1. Из примесей, главным образом, отмечается кремний. Стильпносидерит из некоторых образцов при растворении в азотной кислоте дает с аммиаком ясную реакцию на медь. На Северо-восточном участке в штольне II, на глубине 64 м был в большом количестве встречен лимонит типа «стеклянная голова». Здесь плотная порода с кварцевым остовом, пропитанная медистыми минералами, покрыта черной смолистой колломорфной корочкой толщиной до нескольких мм. Минерал легко чертится стальной иглой. Цвет порошка темно-желтый. Тонкий поверхностный слой корки обладает сильным смолистым блеском, местами с пестрой побеголостью. Лучистого строения, характерного для «стеклянной головы» не наблюдается. Почти вся корка покрыта малахитом. Последний развит в форме тонкого налета и в виде мельчайших бугорков, которые под лупой обнаруживают строго сферическую форму и радиально-лучистое строение в изломе. Малахит выделился позже черного смолистого лимонита. В ряде мест, в поверхностной зоне месторождения наблюдается об-



Фиг. 15. Образец 14/40 С — восточный участок. Взаимоотношения гидрогематита и ярозита. Выделение ярозита (светлая полоса в центре снимка) и постепенный переход его к гидрогематиту.



Фиг. 16. Сетчатая текстура коллоидного смоляного лимонита — стильпносидерита. 18 X.

ратная картина: под бугорчатой поверхностью стильноносидерита обнаруживается малахит.

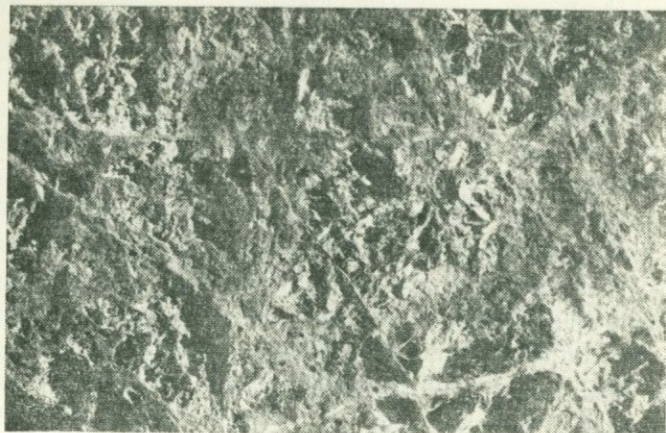
На фиг. 17 и 18 показаны обычные, широко распространенные типы выщелачивания в сильно измененных монцонитах. Иногда наблюдается ящичная текстура с перегородками отдельных ячеек, сложенных лимонитом. Чаще же фиксируется грубо-сетчатая текстура с перегородками отдельных ячеек, сложенных кварцем.

Помимо этого, в зоне окисления месторождения встречается группа минералов из числа водных окислов железа: гётит, гидрогётит, турьит, гидрогематит. Трудно привести точное описание каждого члена этой группы, так как они все связаны взаимопереходами и часто образуют смеси из этих минералов. Преобладает гидрогематит. К участкам гидрогематита приурочиваются скопления ярозита, причем ярозит, выполняющий стенки пустоток, «лежит» на гидрогематите, образуя с ним незаметные переходы (фиг. 15).

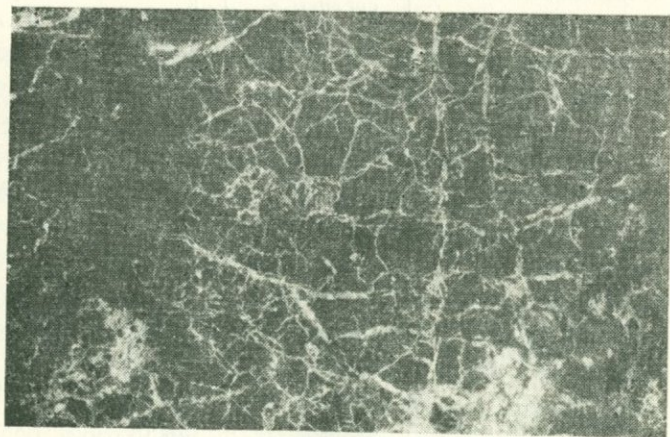
В нижеследующей табл. I приведены результаты химикоспектроскопических анализов различных лимонитов из зоны окисления.

Таким образом, в некоторых лимонитах и охрах месторождения Каджаран обнаружено присутствие элементов: As, Co, Ag, вероятно, связанных с рудными минералами, за счет которых возникли лимониты и V, Ga, Be, Ni, Sr, привнесенные и связанные с минералами вмещающих пород. Во всех лимонитовых образованиях отмечены линии молибдена.

Детальные исследования Н. С. Петрова (институт Механобр) по изучению вещественного состава и обогатимости окисленных и смешанных сульфидно-окисленных руд Каджаранского месторождения показали, что около двух третей всего молибдена окисленных руд месторождения представлены молибдено-содержащим лимонитом. Под микроскопом последний не обнаруживает никаких особых диагностических различий от обычного лимонита (серый цвет, высокая твердость). В массе молибденосного лимонита нередко сохраняются реликты молибденита. Исследования по обогатимости показали, что аналогично силикатной и «связанной» меди молибденосный лимонит в обычных условиях флотации не может быть извлечен, и целиком уходит в хвосты.



Фиг. 17. Ящичная текстура в „выщелоченном“ измененном монцоните. Перегородки отдельных ячеек сложены лимонитом. $\times 13$.



Фиг. 18. Грубосегчатая текстура в „выщелоченном“ измененном монцоните. Перегородки отдельных ячеек сложены кварцем. $\times 9$.

№ обр.	Наименование	Интенсивность линий	Элементы
51/39	Стильносидерит	о. сильные средние слабые о. слабые н. следы	Fe Si Cu, Mo, Mn Zn, Ca, Mg As
скв. 3/29,5	Желтая охра	сильные в. средних слабые о. слабые следы	Si, Fe, Al, Cu Mg Ti, Ca, Ba, Na, V, Co Mo Ga, Ni, Be
шт. 6/32	Светло-желтая охра	сильные в. средних средние слабые о. слабые следы	Si, Fe Mn, Al Mg, Cu Ca, Ba, V Mo, Co, As Ti, Ni, Be
22/40	Турьит	сильные средние + средние — слабые о. слабые н. следы	Al, Fe, Si Cu Mo As, V, Ba, Mg, Mn Ca, Ti Ni, Ga
65/40	Желтая охра	в. средних средние + средние — слабые + слабые о. слабые следы	Fe K Cu, Ba Na, Si Pb As, Ag, Sr, Ca, Al, Mg Co
83/40	Турьит	сильные в. средних средние слабые + слабые о. слабые следы	Fe Al, Mn, Si Cu Mo V, Ba Ca, Mg Be, Ni
96/40	Бур. железняк, красный	сильные слабые о. слабые следы	Cu, Fe Mo, Al, Si As, P, Pb, Ca Ag, Co, Al, Mg, Mn
96/40	Бур. железняк, желтоватый	сильные слабые о. слабые следы	Cu, Fe Mo, Al, Si As, Pb, Ca P, Ag, Co, Mg, Mn
147	Красная рыхлая охра	сильные в. средних средние + слабые о. слабые следы	Fe, Si Al Mn Mo, Ba, Mg, Ti Ni, V, Sr Be, Al, Zn, Na

Последние данные Л. И. Никоновой (52), произведшей ряд опытов с окисленными рудами одного из медно-молибденовых месторождений Красноярского края (в связи с выяснением в какой форме находится молибден в окисленных рудах), свидетельствуют, что так же, как и в ярозите, в минералах гидроокислов железа (лимонитах) молибден не является сорбированным и не находится ни в форме поверхностно-химических соединений, ни в форме примеси ферримолибдита, ни в качестве изоморфной примеси. Далее Л. И. Никонова приходит к выводу, что вероятнее всего «здесь имеет место очень тонкая механическая смесь, возникшая при совместном осаждении из растворов или взаимной коагуляции, в которой молибден находится, возможно, в форме MoO_3 или гидрата окисла».

По всей вероятности, окисленный молибден в лимонитах Каджарана присутствует в тонко-механической смеси с этими образованиями.

Л а м п а д и т (медистый вад). Лампадит — распространенный, обычный минерал месторождения. Отмечен в отвалах многочисленных шурфов всех склонов Каджаранской горы, в кернах скважин и в выработках (иногда на значительных глубинах от дневной поверхности). Почти всегда встречается в виде налетов и небольших скоплений во вмещающих монцонитах. Особенно значительные скопления этого минерала были встречены в штольне 6 (Центральный участок, северный склон) на различных интервалах и особенно на расстоянии 130 м от устья выработки. Здесь минерал почти сплошь пропитывает сильно измененный монцонит. Порошок лампадита с бурой дает ясный перл на марганец. Качественная реакция на медь положительная. Цвет черты черный. Мягок. Спектральный анализ показал следующее: очень сильные линии — Mn , Fe , сильные линии — Si , Al , линии с интенсивностью выше средней — Cu , средние линии — Co , слабые линии — Mo , Ba , Sr , Ca , Mg , Ti , следы линий — Ni , ничтожные следы линий — Sn .

В нескольких образцах, взятых с поверхности, лампадит обнаруживает тонкое концентрически-слоистое сложение. Агрегаты — большей частью небольшие почки, натеки. Излом скорлуповый. Лампадит местами покрыт натеками малахита. Иногда малахит заполняет центральные части почек лампадита и имеет лучистое строение. Границы между минералами резкие.

По-видимому, малахит здесь двух генераций (особенно хорошо это видно в образце 30/40, взятом из отвалов старых штолен южного склона Центрального участка), — одна генерация до лампадита, другая — после него.

По всей вероятности, марганец, входящий в состав лампадита, в Каджаране, образуется за счет разрушения темноцветных минералов вмещающих пород.

Медно-марганцовая смоляная руда. Имеет довольно широкое распространение и часто встречается в отвалах шурфов и канав выработок Каджарана. Наблюдается в виде корок, состоящих из бугорчатых натеков и оспенных выделений на измененных вмещающих породах. Как известно, обычно медная смоляная руда не бывает постоянна по составу и состоит либо из смеси водных окислов железа и меди, либо из смеси окисла меди и хризоколлы, либо из смеси водных окислов меди и марганца с кремнеземом. По всей вероятности, медная смоляная руда Каджарана относится к последней разновидности.

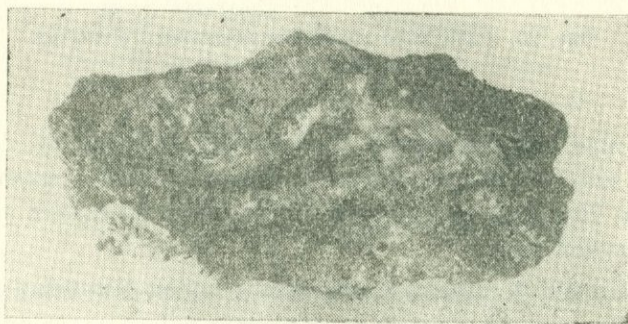
Приведем описание образца 29/40, взятого из канавы Центрального участка, характеризующего медно-марганцовую смоляную руду и взаимоотношение ее с карбонатами меди. Образец представляет собой штуф сильно измененной породы с медно-марганцовой смоляной рудой, малахитом и азуритом. Медно-марганцовая смоляная руда образует корки толщиной от 0,1 до 1—2 мм. Под лупой она обнаруживает тонкослоистое сложение с множеством округлых бугорчатых натеков. Обладает сильным смолистым блеском. С бурой минерал дает перл на марганец. Реакция на медь четкая. Малахит встречается в виде небольших выделений в массе основной породы и образует тонкие прожилки (от 0,5 до 3—4 мм в корке медно-марганцовой смоляной руды). Границы между малахитом и смоляной рудой извилистые. Очевидно, прожилок малахита заполнил трещину в смоляной руде. Трещины в смоляной руде, согласно взглядам Ф. В. Чухрова (79), «возникают в результате сокращения объема при дегидратации первичного коллоидного вещества». Малахит в прожилке образует чрезвычайно тонколучистые пучки, расходящиеся от стенок прожилка, сложенных смоляной рудой. Азурит наблюдался в виде ред-

ких микроскопических выделений на медно-марганцовой смоляной руде.

Смитсонит, церуссит. Карбонаты цинка и свинца для месторождения не характерны. Впервые они отмечены проф. В. М. Крейтером в единичных пунктах. Скопления смитсонита и церуссита ассоциируются с галенитом и сфалеритом, за счет которых они образуют землистые массы.

М а л а х и т. Самый распространенный гипергенный минерал меди всей зоны окисления Каджарана. Характер агрегатов очень разнообразен: налеты в трещинах отдельности, небольшие прожилки и выполнение небольших пустоток. Наиболее часто малахит наблюдается в виде землистых масс. Значительно реже он имеет кристаллическое сложение (лучистые агрегаты игольчатых кристаллов).

На южном склоне Каджарана довольно часто встречается малахит в виде колломорфных натечных агрегатов (фиг. 19).



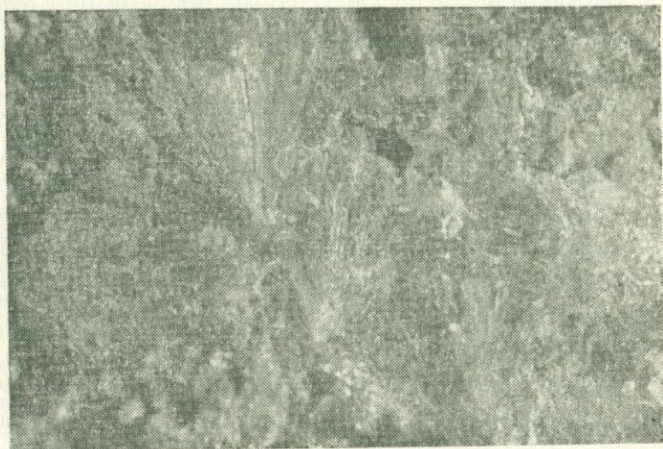
Фиг. 19. Колломорфный малахит. Натуральная величина.

Приведем описание образца из штольни 6 (глуб. 62 м, Центральный участок, северный склон), характеризующего взаимоотношение малахита со смоляной рудой и азуридом и представляющего собой очень сильно измененную породу.

Малахит развит в виде тонких корочек толщиной от 0,5 до 2—3 мм. Местами корочки имеют тонкослоистое сложение. Иногда малахит сростается с черной смоляной рудой.

Азуридом наблюдается в виде небольших яснокристаллических скоплений и заполняет промежутки среди почек малахита. Цвет азурида колеблется от совсем небесно-голубого до лазуре-

во-синего. Помимо этого, азурит встречается и в виде тонких примазок в основной породе.



Фиг. 20. Радиально-лучистые агрегаты игольчатых кристаллов малахита. $\times 15$.

Черная смоляная руда пронизывает всю породу, ее количество заметно возрастает в участках развития малахита и азурита. Нередко центральные части почек малахита заполнены смоляной рудой.

Последовательность выделения: черная смоляная руда — малахит — азурит.

Помимо азурита и лимонита малахит часто встречается с карбонатами и халькопиритом.

Иногда среди небольших, сплошных участков малахита развиваются прожилки халькозина и самородной меди.

Азурит. В сравнении с малахитом имеет значительно меньшее распространение. Наибольшие скопления азурита встречаются в поверхностных частях зоны окисления. Наблюдается: в виде кристаллических бугорчатых розетковидных выделений, землистых масс, корочек на малахите. В противоположность малахиту, преобладающей формой выделения азурита являются яснокристаллические агрегаты. Почти всег-

да азурит ассоциируется с малахитом (взаимоотношение с последним описано выше), лампадитом.

К а л а м и н. По распространенности и характеру проявления сходен с смитсонитом и церусситом. Установлен И. А. Тараяном. Нами минерал не обнаружен.

Г а л л у а з и т. Обнаружен впервые. Встречен в небольшом количестве на южном склоне Центрального участка в ассоциации с хризоколлой. Имеет плотное строение. Поверхность бугорчатая, иногда почковидная. Цвет светло-желтый до белого. Толщина корок галлуазита 0,5—1 мм. Показатель преломления светло-желтого галлуазита колеблется между 1,518—1,52. Под микроскопом (в скрещенных николях) слабо анизотропен, с низким двупреломлением.

Спектральный анализ чистого галлуазита приведен в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

№ обр.	Интенсивность линий	Элементы
92/40	сильные средние в. слабых слабые о. слабые следы н. следы	Si, Al Cu Fe, Mg, P Ca, Ba, Ga, Mo As Sr Ti, Mn, Cr, Sn (?), Pb

Обращают на себя внимание линии Cu, P, Ga.

В нижеследующей табл. 3 приведены данные химического анализа чистого минерала (аналитик М. М. Стукалова, ВСЕГЕИ, Ленинград).

Т а б л и ц а 3

Компоненты	Данные анализа в %	Молекулярные количества	Отношение молекулярных количеств
SiO ₂	38,50	0,642	1,69
Al ₂ O ₃	38,76	0,380	1
CaO	0,95		
MgO	следы		
Потеря при прокаливании	21,83	1,213	3,19
Сумма	100,04		

Полученные результаты могут быть уложены в следующую приближенную формулу*: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$.

Хризоколла. О незначительном присутствии хризоколлы в окисленных рудах месторождения только вскользь упоминается в отчетах различных исследователей Каджарана. С. А. Мовсесян (46) отметил приуроченность хризоколлы к участкам развития малахита.

Нами хризоколла была отмечена в нескольких пунктах поверхности южного склона Центрального участка, большей частью в районе гребня горы. Обычно минерал наблюдается в виде небольших корочек, тончайших жилок и редко выполняет пустотки во вмещающих породах. Наиболее интересна обнаруженная в районе центральной дайки (горизонталь 2225 м) в 75 м к востоку от устья штольни 8 (старая нумерация) большая глыба размером до 2 куб. м окремненной породы, с повсеместным в ней очень богатым содержанием хризоколлы. К сожалению, несмотря на тщательные поиски, коренного выхода этой породы не удалось найти, но он, несомненно, находится где-то поблизости от указанной глыбы, т. к. выше к гребню обнажаются только утесы дайки. При раскалывании глыбы почти по всем плоскостям многочисленных трещин, в пустотках обнаруживаются значительные скопления минерала неоднородной окраски; наиболее обычны светло-голубовато-зеленые тона. Толщина корок колеблется от 0,1 мм до 0,5 см. Иногда минерал пронизывает всю породу. В пустотках в условиях свободного роста создаются причудливые формы, ячейки (правильнее — «псевдоячейки») до 3—4 мм в поперечнике, с очень тонкими — 0,1—0,2 мм перегородками из того же материала. Частью хризоколла имеет бугорчатую поверхность. Отмечено, что в местах, где развиты корки и налеты, хризоколла опаловидна и обладает раковистым изломом. Там, где хризоколла имеет бугорчатую поверхность, она обладает более низкой твердостью. Поверхность отдельных бугорков неровная. В свежем изломе плотных разностей окраска минерала меняется от густо-голубой до совсем белой. Иногда при выполнении небольших пустоток хризоколла обнаруживает колломорфное строение. Очень часто в общей массе минерала наблюдаются небольшие включения

* Теоретическая формула галлуазита: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.



Фиг. 21. Розетковидные агрегаты кристаллов азурита. $\times 10$.



Фиг. 22. Почкообразный малахит в массе сильно измененной хризокоиллы. $\times 17$.

железистых образований. В плотно-голубоватых, зеленых разностях отмечены небольшие изумрудно-зеленые участки, почти совершенно прозрачные, со стекляннм блеском. От действия соляной кислоты хризоколла не вскипает. Соляная и другие кислоты постепенно разлагают минерал. Под микроскопом в скрещенных николях тонкие частицы минерала почти изотропны. Показатель преломления колеблется между 1,553—1,556. Г. Швартц (цитируется С. С. Смирновым (61)) считает разность хризоколлы с аналогичным показателем преломления одной из наиболее часто встречающихся в окисленных медных рудах.

Нередко замечен постепенный переход описанной разности хризоколлы в рыхлые, слабо уплотненные разности, с беловато-желтой окраской; в них почти всегда наблюдаются корки галлуазита.

Спектральный анализ неизменной хризоколлы приведен в нижеследующей табл. 4.

Т а б л и ц а 4

№ обр.	Наименование	Интенсивность линий	Элементы
92/40	Хризоколла	сильные средние слабые + слабые следы н. следы	Al, Cu P, Ca, Si Ba Fe As, Mo, Sr, Mg Be

Обращают на себя внимание средние линии Р. По данным Н. С. Петрова, хризоколла при флотации каджаранских руд практически нацело теряется в хвостах.

Корнуит. Часто в штуфах отвалов старых штолен Центрального участка (южный склон Каджаранской горы) обнаруживаются налеты голубоватого минерала. Налеты (толщ. до 0,1 мм) выполняют тончайшие трещины вмещающих пород. Минерал мягкий. Изотропен. Показатель преломления колеблется между 1,540—1,547.

Минерал может быть отнесен к коллоидальной разности хризоколлы — корнуиту.

Нередко корнунт образует пленки на смоляной руде.

Барит. Нами минерал не обнаружен. М. П. Исаенко приводит очень краткое его описание. В зоне окисления мелкозернистый, серо-белый барит встречен в парагенезисе с малахитом и гипсом.

Брошантит. О ничтожном присутствии брошантита на Каджаране имеются указания у ряда авторов. Нами этот основной сульфат меди определен только в трех образцах, взятых с поверхности Центрального участка (южный склон). Минерал представлен в виде плотной корки (толщ. 0,5—1,0 мм) на окремненной измененной породе. Окрашен в черновато-зеленый цвет. Растворяется в соляной и азотной кислотах. Под микроскопом в скрещенных николях обнаруживает лучистое строение, высокие характерные аномальные цвета интерференции. Тесно ассоциируется с малахитом.

Спектроскопический анализ чистой разности брошантита приведен в табл. 5.

Таблица 5

№ обр.	Наименование	Интенсивность линий	Элементы
141/40	Брошантит	сильные в. средних слабые + слабые следы	Cu, Si Al Ca Mg, Ti As, Mo, V

Недостаток материала принуждает ограничиться весьма краткой характеристикой минерала.

Гипс. Имеет сравнительно малое распространение, причем обнаруживается не повсеместно. Большей частью значительные скопления этого минерала фиксируются в породах, слагающих нарушенные участки месторождения и, главным образом, в его западной части. Иногда развивается на плоскостях трещин скольжения. Гипс выполняет небольшие прожилки, секущие все ранее отложенные минералы, в том числе и минералы зоны окисления. Строение гипса в прожилках большей частью поперечно-волокнистое (шт. 7). Прожилки гипса на больших глубинах (до 200 м) обычны, а в керне скв. 212, даже на глубине 500 м.

Феррокупрохалькантит. Этот минерал из группы сульфатов меди обнаружен в ряде мест Центрального участка: в старой греческой выработке (в районе центральной дайки), в отвалах старых штолен СВ участка, отвалах небольших канав у устья старой штольни, пройденной в кварцевой жиле, И. Н. Чирковым и нескольких других.

В отчетах предыдущих исследователей указаний о наличии в Каджаране феррокупрохалькантита не имеется. В отвалах почти всегда встречается в виде тонких голубоватых землистых масс на оруденелых штуфах монзонитов, содержащих реликты полуокисленных сульфидов. Ф. В. Чухров считает, что «образованию халькантита в отвалах благоприятствует быстрое высыхание атмосферной влаги, с чем связан капиллярный подъем растворов и выделение сульфата меди» (79).

Наиболее значительные скопления были обнаружены в устье старой выработки, расположенной на южном склоне Каджаранской горы, вдоль линии кварцевых жил, в районе утесов центральной дайки. Здесь, в кровле и бортах выработки, по трещинам в сильно измененной ожелезненной породе и в виде налетов на ней наблюдаются выделения феррокупрохалькантита. Вдоль всего борта выработки, начиная от основания к потолку, замечается постепенный переход в окраске и плотности минерала (от небесно-голубого к густо-зеленому, от рыхлого сахароподобного до плотных налетов).

Ниже приводим описание образцов минералов, взятых из низа борта выработки.

Обычно минерал окрашен в зеленые или голубовато-зеленые тона. Иногда он имеет густо-зеленую окраску. Блеск стеклянный. Почти прозрачный. Хрупкий. Развит в виде сплошных «сталактитообразных» масс и отдельных небольших зернышек. В некоторых участках минерал образует сплюснутые кристаллы таблитчатого габитуса. Размер кристаллов в длину до 1—2 мм, при толщине не свыше десятых долей мм. Пластины расположены незакономерно, иногда собраны в розетки. Отдельные кристаллы имеют вид округлых чечевиц, в поперечном разрезе дающих картину иголок с заостренными вершинками. Порошок минерала хорошо растворяется в воде без остатка. Железная игла в этом растворе покрывается металлической медью. Вкус минерала неприят-

ный, металлический. Иногда в сплошных массах под лупой обнаруживаются включения мельчайших кристалликов лимонитизированного пирита с «рубашками» описываемого минерала. По истечении 5 месяцев после взятия образцов внешний вид минерала в части из них совершенно изменился. Цвет из густо голубовато-зеленого перешел в светло-голубоватый, иногда в совсем бесцветный. Разности с яснокристаллическим сложением перешли в рыхлые землистые массы. По-видимому, имела место дегидратация. Показатель преломления свежего, не измененного минерала, в изотропных сечениях, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями (N_m), составляет 1,542—1,543. Показатель преломления рыхлого измененного минерала 1,525.

В нижеследующей таблице приводятся результаты химического анализа неизмененного минерала (аналитик А. А. Петросян ИГН АН АрмССР).

Т а б л и ц а 6

Компоненты	Данные анализа в %	Молекулярные количества	Отношение молекулярных количеств
SiO ₂	0,08		
CuO	14,8	0,185	
Fe ₂ O ₃	1,55		1*
FeO	13,65	0,190	
— H ₂ O	27,80		
+ H ₂ O	5,45	1,84**	4,09
п. п. пр. без SO ₃			
SO ₃	32,80	0,45	1
С у м м а	96,13		

Недостаток воды объясняется обезвоживанием феррокупрохалькантита на воздухе. Качественная реакция на ZnO отрицательная.

Формула подвергнутого анализу минерала с некоторым приближением: $(Cu, Fe)O \cdot SO_3 \cdot 4H_2O$, что отвечает, согласно А. К. Болдыреву, железосодержащему халькантиту — феррокупрохалькантиту.

* Небольшой недостаток FeO, по всей вероятности, объясняется тем, что часть FeO перешла в Fe₂O₃.

** В расчет взята вся вода, т. е. молекулярное количество $+H_2O - H_2O = 27,8 + 5,45 = 33,25\%$.

Феррокупрохалькантит в более глубоких выработках, где имеется влага, отмечен не был.

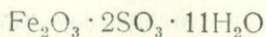
Фиброферрит. Обнаружен впервые. Встречен в старой выработке, расположенной на южном склоне Каджаранской горы (центральный участок, район центральной дайки) в той же самой выработке, где был обнаружен феррокупрохалькантит в ассоциации с последним. Значительные скопления минерала покрывают сильно измененную, ожелезненную породу. Цвет светло-желтоватый. Под бинокулярной лупой обнаруживается микрокристаллическое строение, причем кристаллики, развитые большей частью в виде тонких иголок, образуют спутанно-волокнистые массы (фиг. 24). Блеск шелковистый. Там, где минерала мало, он наблюдается в виде отдельных разрозненных иголок. В воде не растворяется. Под микроскопом тонкие иголки плеохроируют от светло-желтого до бесцветного и обнаруживают косое погасание, угол приблизительно 12° . Удлинение положительное. Показатели преломления в двух направлениях дают 1,577 и 1,530.

В нижеследующей таблице приведены данные химического анализа чистого минерала (аналитик Т. М. Митюшина, ИГН АН СССР, Москва).

Таблица 7

Компоненты	Данные анализа в %	Молекулярные количества	Отношение молекулярных количеств
Fe_2O_3	29,80	0,186	1
SO_3	31,32	0,391	2,1
H_2O	36,76	2,04	11,0
Сумма	97,88		

Полученные результаты могут быть уложены в следующую формулу:



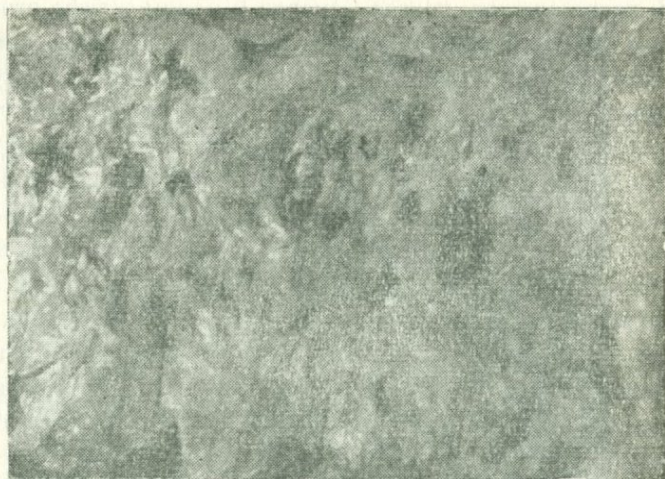
Минерал с таким составом отвечает фиброферриту.

Спектральным анализом в фиброферрите кроме железа обнаружены: Cu — линии с интенсивностью выше средней, Si, Ca, Mo, Mn, Al — слабые линии, Mg, As — очень слабые.

Минерал выделился явно позже феррокупрохалькантита. В выработках, пройденных в более глубоких горизонтах зоны окисления, фиброферрит не обнаруживается.



Фиг. 23. Шетки таблитчатого феррокупрохалькангита. $\times 22$.



Фиг. 24. Скопления тонких иголочек фиброферрита, образующих спутанно-волокнистые массы. $\times 15$.

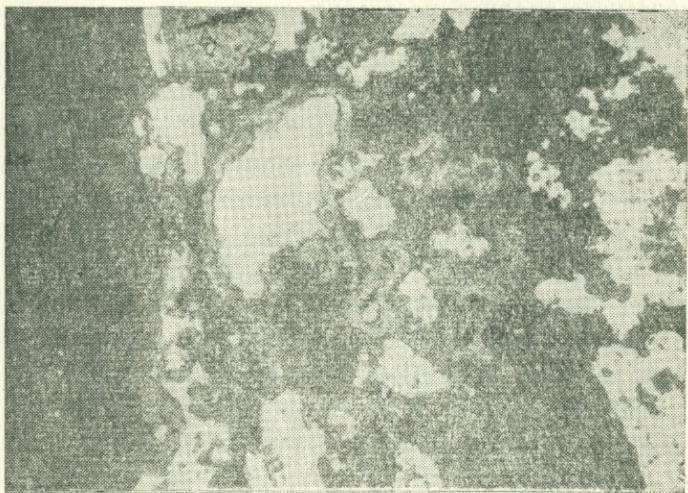
Я р о з и т. В работах предшествующих исследователей наличие ярозита в окисленных рудах Каджарана никем не отмечалось. По-видимому, ярозит был отнесен к так называемым «желтым охрам».

Макроскопические данные, изучение под микроскопом, измерение показателей преломления, качественное и количественное химическое определение состава уплотненной «желтой охры», безусловно, позволяют нам констатировать наличие ярозита. Последний является широко распространенным минералом месторождения. Отмечен он почти повсеместно на Центральном и Северо-восточном участках. Главным образом, развит в приповерхностной части месторождения, обнаружен в отвалах многочисленных шурфов и канав в зоне старых греческих выработок и т. д.

Обычно ярозит присутствует в небольших количествах в виде тончайших корочек, налетов на окремненных измененных монцонитах и редко в виде сплошных скоплений, незначительных по своим размерам.

Цвет ярозита меняется от светло-желтого до темно-бурого. Изменение окраски ярозита зависит большей частью от примесей гидроокислов железа. Иногда в одном штуфе отчетливо заметен переход и изменение всех оттенков в цвете минерала.

Помимо корочек и налетов, ярозит выполняет пустотки и отдельные полости как в массе жильного кварца, так и в поздраватых («выщелоченных») вмещающих монцонитах. Ярозит обычно представлен плотными скрытокристаллическими массами; яснокристаллическая разность нами нигде не наблюдалась. Излом корочек раковистый, с матовым блеском. Под биноклем и микроскопом плотные разности иногда обнаруживают колломорфное строение (фиг. 26). Иногда агрегаты и отдельные зерна гидротермального кварца оторочены ярозитом (фиг. 25). В сплошных участках ярозитовых скоплений, под большим увеличением, очень часто наблюдаются гидроокислы железа, развивающиеся здесь в виде мельчайших почек. Средний показатель преломления плотного, почти свежего минерала равен 1,79. Качественные реакции ряда образцов из различных участков месторождения на сульфатную серу показали положительные результаты. К сожалению, в образцах нашей коллекции свежие разности ярози-



Фиг. 25. Агрегаты кварцевых зерен, отороченные
ярозигом. $\times 76$.



Фиг. 26. Коллоидное строение ярозита. $\times 76$.

та представлены в количествах, недостаточных для полного химического анализа, поэтому пришлось ограничиться частичным анализом не совсем чистого минерала, слегка загрязненного гидроокислами железа. И все же полученные результаты с некоторым приближением вполне отвечают составу ярозита.

Т а б л и ц а 8

Химический анализ ярозитов Каджарана и Шоптыкуля
(Казахстан)

Каджаран*		Шоптыкуль**	
Компо- ненты	Данные ана- лиза в %	Компо- ненты	Данные ана- лиз в %
Fe_2O_3	53,41	Fe_2O_3	54,55
SO_3	26,6	SO_3	26,78
H_2O	14,04	H_2O	11,39
Щелочи	не опред.	Na_2O	4,70
С у м м а	94,05		

Недостаток в сумме весовых процентных количеств ярозита Каджарана можно отнести в основном, несомненно, за счет щелочей, которые не были определены из-за недостатка материала.

Спектральным анализом в ярозите кроме железа установлены: Si, Al, Cu — сильные линии, Mg — в. средних линий, Ca, Ba, V, Sb, P — слабые линии, Pb, Be — следы линий.

П о в е л л и т. Имеет небольшое распространение. Обнаружен в нескольких пунктах поверхности, в штольне 3 Центрального участка и в ущелье Давачи. Во избежание пропуска этого минерала, все образования, которые с сомнением принимались за повеллит, были подвергнуты «пленочной» реакции, предложенной минералогом В. А. Новиковым. Реакция с насыщенным раствором фенол-гидрозина в разведенной серной кислоте (1 : 10) очень четкая, характерная. При действии капли раствора на повеллит минерал приобретает чисто синюю окраску, притом реакция может происходить без нагревания в течение 5—10 минут и позволяет безошибочно определять наличие повеллита и других минералов, возникших за счет молибденита.

* Аналитик Т. М. Митюшина, ИГН АН СССР, Москва.

** По данным Ф. В. Чухрова, 1940г.

Иногда развитие повеллита приурочивается к участкам зоны дробления, в штольнях более глубоких горизонтов (гориз. 2075 м). Повеллит Каджарана представлен исключительно в виде листоватых псевдоморфоз по первичному молибдениту. Окраска минерала непостоянная: так, в образцах из ущелья Давачи он обладает почти всегда светло-грязно-зеленым цветом и редко—серовато-белым, повеллит из кварцевой жилы Центрального участка (шурф № 2003 у водораздела Каджаранской горы), наоборот, обычно почти белого и очень редко зеленого цвета. Иногда разности белого цвета в тонких пластинках прозрачны, просвечивают (напоминают слюдку), в соляной кислоте растворяются. Чисто белый повеллит и повеллит из Давачинского участка, имеющий зеленую окраску, были подвергнуты спектральному и рентгенометрическому анализу. Сравнение межплоскостных расстояний, полученных дебаграмм обоих образцов повеллита показывает совершенную их тождественность.

Результаты спектрального анализа приведены в нижеследующей табл. 9.

Таблица 9

№ обр.	Наименование	Интенсивность линий	Элементы
81/40	Повеллит (белый)	сильные средние слабые о. слабые	Mo, Ca, Si Cu, Fe As, Al, Mg Bi, Sr, Mn
3/40	Повеллит (зеленый)	сильные в. средних средние слабые о. слабые	Ca Mo Si Al, Fe Ba, Mg, Mn

Из редких элементов в образце белого повеллита обнаружены линии As, Bi, Sr, в зеленой разности минерала линии этих элементов отсутствуют.

Кроме поверхностных выходов, повеллит был встречен только в штольне 3 (Центральный участок, северный склон), на расстоянии 144,5 м от устья выработки. В левом борту штольни, в чисто молибденитовой прожилке мощностью 0,5 см обнаружен повеллит в виде псевдоморфоз, развивающихся по пластинкам молибденита.

Отметим, что наличие повеллита (главным образом, в кварцевых жилах) почти всегда исключает присутствие ферримолибдита.

Ферримолибдит (молибденовая охра). Отмечен в нескольких пунктах поверхности Центрального и Северо-восточного участков. Очень редко тончайшие налеты ферримолибдита развиваются в нарушенных участках кварцевых жил, на больших глубинах (шт. 36). Значительных скоплений не дает. Макроскопически устанавливается легко благодаря характерному канареечно-желтому цвету. Наблюдается почти всегда в виде микроигльчатых кристаллических тонких налетов по трещинам отдельности в кварцевых жилах и во вмещающих породах, содержащих молибденит. Размер каждой иголки в длину не превышает 0,2 мм. Иголки располагаются без всякой закономерности. Иногда, при выполнении пустоток (размером от 1 см до 0,5 см в поперечнике) в кварце ферримолибдит наблюдается в виде сплошных корок не уплотненных, легко разрушающихся от прикосновения, с бугорчатой поверхностью. Очень часто ферримолибдит «загрязнен» лимонитом.

Эозит (?) При просмотре продуктов флотации Н. Г. Гомелаури и К. Т. Вартамяном (20) только под микроскопом были отмечены желтовато-красные кристаллы, принятые ими за эозит (?).

г. МИНЕРАЛЫ ВМЕЩАЮЩИХ ГИДРОТЕРМАЛЬНО ИЗМЕНЕННЫХ ПОРОД

(Жильные минералы)

Флюорит. В одном шлифе З. В. Рупасовой были обнаружены единичные зерна флюорита (?), приуроченные к кварцевому прожилку.

Кварц. Широко распространенный минерал месторождения. Обычно наблюдается в прожилках и входит в состав всех окварцованных пород. Выделяют до 6 генераций гидротермального кварца. В прожилках кварц крупнозернистый, в окварцованных породах величина кварцевых зерен значительно меньше. Нередко наблюдаются тонкозернистые халцедоноподобные разновидности кварца.

Ильменит и рутил довольно обычные акцессорные минералы. Рутил присутствует в ассоциации с плагиоклазами и с рудными минералами (халькопиритом и пиритом).

Карбонаты. Согласно данным анализов (46) на Каджаране присутствуют: анкерит (железистый доломит), кальцит и сидерит. Последний ассоциируется с анкеритом и гидроокислами железа. Обычно карбонаты наблюдаются в прожилках, наряду с кварцем, калиевым полевым шпатом, гипсом, каолинитом и входят в состав вмещающих пород в виде небольших зерен или незначительных скоплений. Анкерит иногда слагает целые карбонатные зоны, часто наблюдаемые на поверхности и в выработках. Кальцит по отношению к анкериту является несколько более поздним. Все карбонатные прожилки являются наиболее поздними по отношению ко всем другим жильным минералам.

Альбит. Приурочен к слабо гидротермально измененным породам (46); наблюдается в кварцевых прожилках в ассоциации с пиритом.

Эпидот. Является также редким минералом. Наблюдается в полевошпатово-карбонатных разностях и изредка в неизмененных монцонитах.

Турмалин. Представлен единичными зернами, изредка обнаруживаемыми под микроскопом.

Мусковит. Обычно в малых количествах приурочен к измененным монцонитам, являясь продуктом изменения биотита.

Серицит. Распространенный минерал, часто фиксируемый в значительных количествах. Наблюдается в окварцованных породах и как продукт замещения плагиоклазов, биотита. Часто дает тесные прорастания с халькопиритом.

Биотит. Является распространенным минералом Каджарана. Свежие индивидуумы редки. Нередко к биотиту тяготеют скопления апатита и рудных минералов (халькопирита и пирита).

Калиевый полевой шпат. Один из самых распространенных существенных минералов монцонитов. Кроме того, приурочен к кварцево-полевошпатовым разностям и рудным жилкам.

Хлорит. Обычный минерал гидротермально измененных пород, развивающийся по биотиту, реже по роговой обманке, иногда нацело замещает биотит. Отмечается замещение хлорита тонковолокнистым каолинитом и его срастание с сульфидами.

Каолинит (диксит). Наблюдается повсеместно, но в небольших количествах. Обычно развивается по калиевому полевоому шпату и реже по слюдкам. Нередко каолинит в ассоциации с карбонатом выполняет небольшие прожилки.

В поверхностных участках очень часто каолинитом выполнены небольшие пустотки в ноздреватом кварце. По-видимому, часть каолинита переотложена в связи с последующими гипергенными процессами.

Определение показателя преломления по отношению к иммерсионным жидкостям (1,565), характер базопинакоидальных разрезов и, наконец, положительный оптический знак, позволяют каолинит Каджарана отнести к диккиту.

А. Г. Казарян, в последующие годы исследовавший околорудно-измененные породы ряда медно-молибденовых месторождений (32), на основании рентгеноструктурных, термических, электронографических данных определяет глинистый минерал Каджарана, как каолинит. И весь процесс аргиллизации (каолинизацию) склонен полностью относить к гипергенным процессам.

Апатит. Относится к числу распространенных минералов. Обычно наблюдается в виде небольших призматических кристалликов отдельных зерен, часто с шестигранными очертаниями. Отмечается явное повышение содержания апатита в измененных породах, в сравнении со свежими. Скопления апатита часто тяготеют к участкам пород, содержащих рудные минералы (халькопирит, пирит). Последнее позволяет, по мнению всех исследователей, выделения апатита приурочивать к рудному процессу.

4. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЗМА РУДНИЧНЫХ ВОД

При сложных химических процессах, протекающих в зоне окисления, одним из существенных факторов, влияющих на ход этих процессов, является характер подземных руднич-

ных вод. Познание химической сущности рудничных вод и их поведения служат, в известной степени, одним из главных звеньев исследований зон изменения первичных руд каждого месторождения.

В течение всего периода разведки Каджарана геологической партией АрмГУ были взяты и проанализированы только пять сборных проб воды из штолен Центрального участка. Результаты анализов этих проб приведены в отчете С. С. Мкртчяна.

Для более подробной характеристики обстановки образования зоны окисления Каджарана, нами, на Центральном участке, были взяты 14 проб рудничной воды. Каждая проба объемом в 2 литра была в герметически закупоренных бутылках доставлена в г. Ереван, где в химической лаборатории Института геологических наук АН АрмССР проанализирована аналитиком Э. А. Кюрегян.

Для обнаружения вероятной закономерности изменения характера минерализации рудничных вод в зависимости от количества выпадающих осадков, пробы были взяты дважды в течение одного 1945 года.

Первый раз пробы в количестве 7 были взяты 15 мая, с учетом выявления изменения минерализации рудничных вод за счет весеннего паводка. Другие 7 проб были взяты спустя 5 месяцев, 15 октября, причем для возможного сравнения изменения рудничных вод в зависимости от времени года, но в аналогичной геологической обстановке, осенние пробы были взяты из тех же самых мест, из которых были отобраны пробы в мае. Таким образом, для каждого места взятия пробы мы имеем результаты двух анализов. Несколько позже, начиная с 1950 г., научн. сотр. ИГН АН АрмССР Н. И. Долуханова приступила к детальному изучению гидрогеологии и геохимии вод медно-молибденовых месторождений Армении. В результате проведенных работ, ею, в 1953 г., был составлен обстоятельный труд, в котором дается гидрогеологическая и гидрохимическая характеристика медно-молибденовых месторождений и предлагается почвенно-гидрохимическая съемка, как метод поисков на молибден.

Попытаемся, насколько возможно, осветить ниже химическую особенность рудничных вод Каджарана на основе соб-

ранного нами и проанализированного материала и последних данных Н. И. Долухановой.

Известно, что специфика рудничных вод, их минерализация различными солями, вообще говоря, находится в прямой зависимости от глубины их проникновения.

В Каджаране, на Центральном участке, воды по многочисленным трещинам просачиваются вглубь, и штольни, пройденные в самых верхних горизонтах в приповерхностной части месторождения, либо совершенно сухи, либо содержат в самом начале выработок небольшие участки застойных атмосферных осадков. Поэтому нам пришлось ограничиться сбором проб из штолен № 1, 2, 7, пройденных в относительно глубоких горизонтах.

Нижеследующая табл. 10 отражает результаты анализов всех 14 проб. Данные приведены в ионной форме содержаний

Анализы

№ проб	Район, месторождение	Место взятия	Дата взятия	Сумма ионов солей в мг/л	Al	Fe
1	Кафзанийский, Каджаранское	Штольня 7, гор. 2175 м.	14/V—45	444,44	1,89	1,68
2		Устье штр. № 1, из канав	15/X—45	412,73	нет	3,43
3	"	Штольня 7, гор. 2175 м.	15/V—45	448,46	не обн.	0,45
4		Устье штр. № 2, из канав	15/X—45	418,23	0,48	1,96
5	"	Штольня 7, гор. 2175 м.	15/V—45	475,24	1,83	0,52
6		Устье, из канавы	15/X—45	469,62	0,16	5,67
7	"	Штольня 1, гор. 2125 м.	15/V—45	366,38	0,53	1,40
8		Устье, из канавы	15/X—45	337,29	нет	3,15
9	"	Штольня 2, гор. 2125 м.	15/V—45	249,86	2,37	1,33
10		Устье, из канавы	15/X—45	266,03	нет	0,84
11	"	Штольня 2, гор. 2125 м.	15/V—45	251,60	1,92	0,68
12		Штрек № 1. Устье, из канавы	15/X—45	258,91	0,59	5,39
13	"	Штольня 1, гор. 2125 м.	15/V—45	324,44	0,59	0,19
14		Штрек № 1, 1-я рассеч. из капежа	15/X—45	373,60	0,05	3,29

Сумма щелочей условно пересчитана на Na

отдельных компонентов в мг/л. Из общего числа 14 отобраны из канав, штреков и штолен 13 проб, и только одна проба взята из капеза. Анализы проб из устьев небольших штреков (пробы № 1—2, 3—4, 11—12 и 13) характеризуют состав вод, прошедших небольшой путь от непосредственного места их выхода; анализы проб № 5—6, 7—8, 9—10, взятых у устьев отдельных штолен, иллюстрируют общий характер рудничных вод для всего участка данной выработки. Эти пробы объединяют все воды, просачивающиеся по стенкам выработок, и, возможно, в том числе и более кислые воды зоны окисления. И, наконец, капезная проба собрана из первой рассечки штрека № 1 штольни I из чрезвычайно медленно стекающих капель воды (2 литра воды собрано из двух точек в течение 8 часов); она характеризует просачивающиеся во-

Таблица 10

вод в мг/л

По сборам Е. А. Акопян; аналитик Э. А. Кюрегян

Mg	Ca	Na	Cl	SO ₄	HCO ₃	PO ₄	MoO ₄	H ₂ S	pH	CuO
26,38	78,40	—	21,27	87,20	225,60	не обн.	2,02	не обн.	7,3	не обн.
28,21	61,58	27,10	не обн.	69,94	219,60	"	2,31	"	не опр.	"
26,12	62,40	18,30	21,27	104,67	213,50	"	1,75	"	7,5	"
21,40	78,72	29,33	не обн.	102,8	182,78	"	0,76	"	не опр.	"
21,97	91,60	—	21,27	151,39	183,30	"	3,36	"	7,4	"
29,87	76,80	33,58	не обн.	99,55	222,04	"	1,95	"	не опр.	"
13,97	61,60	18,11	14,18	89,68	165,70	"	1,21	"	7,3	"
16,16	67,58	17,61	не обн.	86,39	146,40	"	—	"	не опр.	"
10,92	46,00	14,93	21,27	36,20	115,90	"	0,94	"	7,4	"
14,76	47,62	22,02	не обн.	49,37	130,54	"	0,88	"	не опр.	"
11,35	51,60	9,81	14,18	32,91	128,10	"	1,05	"	7,4	"
15,37	48,38	21,50	не обн.	38,26	130,54	"	0,88	"	не опр.	"
18,61	62,40	—	7,09	93,79	140,30	"	1,47	"	7,5	"
17,56	67,58	28,75	не обн.	115,19	140,30	"	0,88	"	не опр.	"

ды. Участок места отбора этой пробы сложен сильно измененными, заохренными монцонитами.

Табл. 11, заимствованная из отчета Н. И. Долухановой, иллюстрирует интервалы содержания различных компонентов в 30 пробах рудничной воды Каджарана, отобранных ею в течение 1950—1952 гг. из капелей, отдельных концентрированных выходов, а также сборных водоотливов по отдельным штольням.

Таблица 11

Аналитик Э. А. Кюрегян

	В миллиграммах на литр								Сухой остаток
	Na ⁺ + K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ^{''}	HCO ₃ [']	MoO ₄ ^{''}	SiO ₂	
Капез	1—5	26—51	6—28	4—16	35—94	125—298	1—5	8—21	225—396
Приток	3—6	26—60	14—21	4—8	40—41	109—197	2—5	14—15	170—289
Сборные пробы	0,4—28	19—80	9—50	4—64	24—86	107—415	0—8	9—35	210—500

Разбирая в целом представленные в таблицах результаты химических анализов всех проб, можно прийти к ряду выводов, из которых наиболее существенные следующие:

1. Рудничные воды Каджарана являются существенно карбонатными, причем скорее всего значительная часть солей находится в виде бикарбонатных соединений.

2. Сульфатный ион SO₄ (от 32 до 151 мг/л) присутствует в водах в сравнительно больших количествах.

3. Наблюдается нечеткая прямая зависимость между содержанием сульфатов и молибдена, причем для больших значений содержания молибдена эта зависимость делается более определенной.

4. Ион PO₄ отсутствует во всех пробах.

5. Обращает на себя внимание наличие иона MoO₄^{''} во всех пробах. Его количества невелики и колеблются в пределах от 0,88 до 8 мг/л.

6. Пробы, взятые в мае, содержат, судя по анализам, ион хлора в количествах от 7,09 до 21,27 мг/л. В пробах, взятых 15 октября, ионы хлора не обнаружены. Причина данного явления не совсем понятна. В пробах, отобранных Н. И. Дону-

хановой, определено содержание хлора во всех пробах в пределах от 4 до 64 мг/л.

7. Концентрация водородных ионов (рН) почти постоянна и колеблется в малых пределах — от 7,3 до 7,5. Таким образом, Каджаранские рудничные воды, имея величину рН в среднем 7,4 могут быть отнесены к слабо щелочным.

8. В анализах всех проб установлено присутствие ионов Са, Mg, Na в переменных количествах: для Са — от 46 до 78 мг/л, для Mg — от 10,92 до 29,87 мг/л и для Na — от 9,81 до 33,58 мг/л.

9. Содержание кремнекислоты колеблется в пределах от 8 до 35 мг/л.

10. В приведенных анализах обращает на себя внимание отсутствие иона Си, несмотря на то, что просачивающиеся воды, несомненно, растворяли первичные сульфиды меди и, казалось бы, должны были содержать то или иное количество иона этого металла. Для проверки анализов в отношении меди химическая лаборатория ИГН проделала дополнительно ряд контрольных чувствительных качественных определений и каждый раз получала отрицательные результаты. Отсутствие ионов меди может быть объяснено быстрым осаждением меди из растворов в верхних горизонтах в виде наблюдаемых здесь карбонатов, сульфатов и сложных соединений с гидроокислами железа.

11. Почти постоянно присутствуют ионы алюминия и железа, причем содержание алюминия от 0 до 2,37 мг/л и железа от 0,45 до 5,67 мг/л.

По данным Н. И. Долухановой, в рудничных водах Каджарана закисное железо (от 0,3 до 37 мг/л) преобладает над окисным (от 0 до 9 мг/л).

12. В общем содержание всех солей очень незначительное — порядка от 170 до 500 мг/л, характеризующее сравнительно слабую минерализацию всех проанализированных вод.

13. Устанавливается относительно повышенное значение суммы всех солей в пробах, взятых во всех участках штольни 7 и, в частности, наиболее высокое содержание иона MnO_4^- . По-видимому, это находится в прямой зависимости от того, что воды штольни 7, при своей циркуляции, проходят по наиболее богатым оруденелым участкам месторождения.

14. Пробы № 5 и 6, взятые из сборной канавы у устья основной штольни 7, показывают резко повышенное содержание MoO_4'' , вероятно, за счет сбора вод, дренирующих все богатые зоны, вскрытые этой штольней.

15. Сухие остатки 10 проб были проанализированы химико-спектроскопически; в них были обнаружены в сотых и тысячных долях процентов Ni, Ti, Ag, Cu, Sr.

16. Данные анализа капежной пробы в общем ничем особенным не отличаются от результатов анализов проб, взятых из канав.

Для наглядности рассмотрения данных анализов с точки зрения изменения степени концентрации солевого состава рудничных вод в зависимости от времени года (фиг. 27 и 28) построены графики, отражающие изменения в содержании отдельных ионов.

В зависимости от величин ионов, отложенных по оси ординат, были выбраны соответствующие различные масштабы для ординат каждого графика. По оси абсцисс расположены отдельные пробы. Приведенные графики отражают изменения содержания солей для каждой пробы в два этапа времени. Графики построены для ионов HCO_3 , Na, MoO_4 , Al, Fe, Mg, Ca, SO_4 причем сплошные линии отвечают содержаниям ионов в пробах, взятых в мае, пунктирные же линии указывают на содержание ионов в пробах, взятых в октябре.

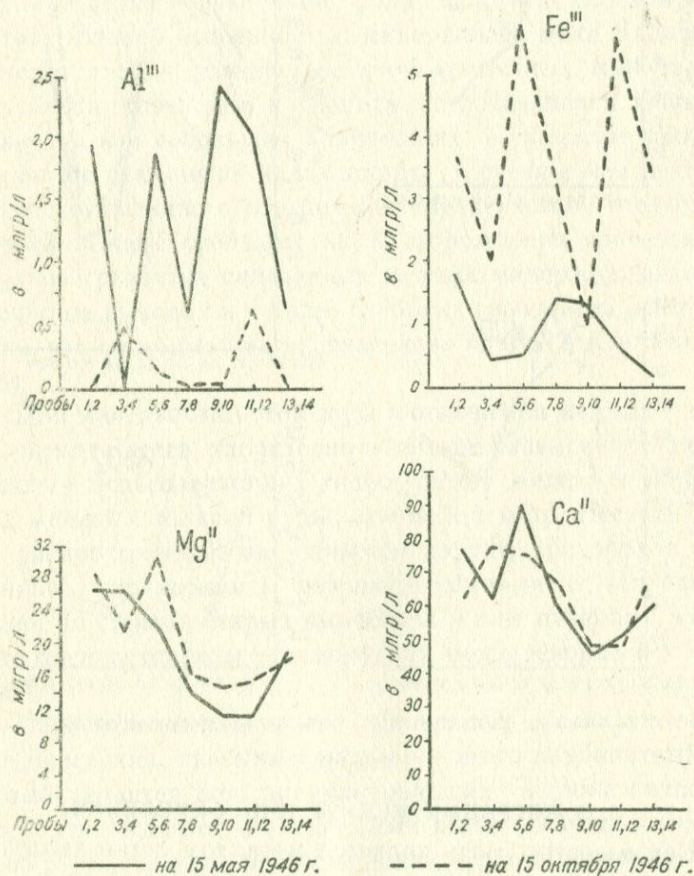
Из построения устанавливается, что в зависимости от времени года, содержание ионов HCO_3 , Mg, Ca, SO_4 особых резких изменений не претерпевали и их количества более или менее тождественны.

Содержания ионов алюминия в октябре почти всюду резко падают и, наоборот, содержание ионов железа почти во всех анализах (за исключением одного) в осенних пробах заметно увеличиваются.

Что же касается поведения наиболее интересующего нас иона MoO_4'' можно вывести следующее: из семи точек наблюдений в пяти содержание MoO_4'' в осенних пробах снизилось по отношению к весенним пробам, для одной точки они почти одинаковы и, наконец, для одной точки нет данных для сравнения. Таким образом, для концентрации иона MoO_4'' в рудничных водах Каджарана наблюдается почти постоянное их

изменение в зависимости от времени года. Весной, при условии сравнительно больших, за счет паводка, количеств циркулирующих подземных рудничных вод, растворенного молибдена в этих водах наблюдается несколько больше, чем осенью, при более постоянном положении рудничных вод месторождения.

Сравнительные графики результатов анализов рудничных вод

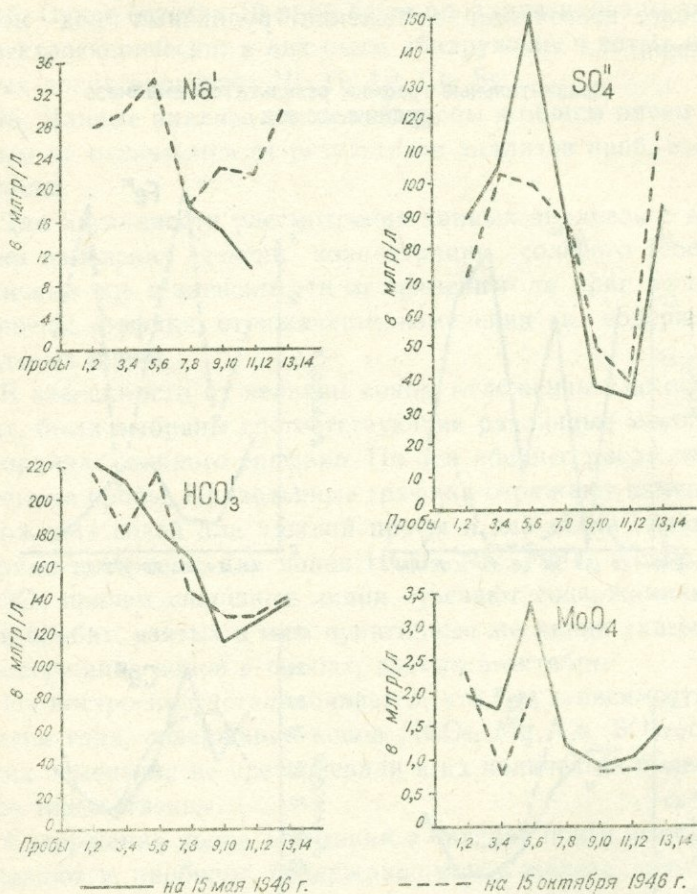


Фиг. 27.

Сравнение полученных сумм всех солей в пробах рудничных вод каждого из семи участков показывает, что в четырех суммы солей для вод осенних проб несколько понижены, для

остальных трех участков суммы солей в весенних и осенних пробах изменяются совсем незначительно.

Сравнительные графики результатов анализов рудничных вод



Фиг. 28.

5. О МИГРАЦИИ МЕДИ В ЗОНЕ ОКИСЛЕНИЯ

Как известно, медь является металлом легко выщелачиваемым с поверхности в связи с процессами окисления, что обусловлено, в первую очередь, легкой растворимостью сульфата меди (CuSO_4), образующегося при окислении медных сульфидов. С этой легкой растворимостью сульфата меди связана его способность мигрировать в более глубокие горн-

зонты месторождения и образовывать там, в результате реакции с сульфидами первичных руд (пиритом, халькопиритом, сфалеритом и др.), группу сульфидов меди, характерную для развитой во многих месторождениях зоны вторичного сульфидного обогащения.

Изучение минералогии медных минералов Каджаранского месторождения показало, что для первичных сульфидных руд меди типично почти исключительное развитие халькопирита, при резко подчиненной роли энаргита, борнита и теннантита. Второй особенностью минералогии меди Каджарана является слабое развитие вторичных медных минералов — халькозина, ковеллина и борнита, встречающихся лишь спорадически и в небольших количествах в качестве продукта частичного замещения халькопирита, в связи с чем зона вторичного сульфидного обогащения практически отсутствует. Третьей важной особенностью месторождения является значительное развитие окисленных медных минералов непосредственно на выходах и в более глубоких горизонтах зоны окисления, что указывает на сравнительно слабое выщелачивание меди.

Для минералогии этой зоны в отношении медных минералов, прежде всего, характерно обильное развитие малахита и сложных медьсодержащих гидроокислов железа и марганца типа медной смоляной руды, лампадита и др. Несколько менее распространенными являются азурит, хризоколла (и ее разновидность корнунт), феррокупрохалькантит, встреченный только на стенках старых выработок и в их отвалах), куприт. Мало распространены — самородная медь, тенорит (?) и брошантит.

Перечисленный комплекс минералов, развивающихся в зоне окисления, указывает на скорее всего карбонатный и не кислый характер вод, циркулировавших в зоне окисления. Это подтверждается и указанными выше результатами анализов рудничных вод месторождения, взятых, правда, из более глубоких горизонтов. Чрезвычайно интересным обстоятельством является отсутствие ионов меди, в приведенных выше результатах анализов рудничных вод.

Таким образом, изучение минералогии месторождения приводит нас к выводу о слабой миграции меди в связи с про-

цессами окисления руд, что подтверждается и анализами рудничных вод. Причину этого явления, прежде всего, надо искать в малом количестве пирита и в быстрой нейтрализации серной кислоты, образующейся в результате его окисления.

Нейтрализующим раствором фактором в Каджаранском месторождении являлись, по-видимому, слабо и более интенсивно гидротермально измененные монцониты, так как лишь в случае их полного окварцевания создается инертная обстановка, способствующая выщелачиванию меди.

Однако, как известно, даже при полуактивной и активной обстановке все же имеет место известное выщелачивание меди и даже может возникать зона вторичного сульфидного обогащения. Слабое проявление этих процессов на Каджаранском месторождении, по-видимому, обусловлено тем, что в условиях молодой горной страны с резко расчлененным рельефом скорость эрозии опережает скорость процессов формирования зоны вторичного сульфидного обогащения.

6. К ВОПРОСУ О МИГРАЦИИ И ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ МОЛИБДЕНА В ЗОНЕ ОКИСЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Наиболее важным моментом в изучении зоны окисления Каджарана являются вопросы, связанные с поведением молибдена, с его миграцией и выщелачиванием в зоне окисления. Несмотря на довольно детальную изученность и многочисленные работы, проведенные на месторождении, эти вопросы освещены недостаточно полно.

Убедительными критериями, свидетельствующими о миграции и частичном выносе и рассеивании молибдена, являются фактические результаты систематического массового опробования всех видов руд по месторождению. Не приводя абсолютных цифр громадного числа произведенных анализов проб первичных и окисленных руд, укажем на довольно резкое понижение содержания молибдена в рудах зоны окисления по отношению к первичным рудам. Этот факт отмечается всеми исследователями в ряде опубликованных и рукописных отчетов по Каджарану.

Полевые наблюдения и последующие камеральные исследования позволяют нам привести дополнительно некоторые фактические данные к имеющемуся материалу.

Прежде всего остановимся на общих данных минералогии продуктов окисления молибденита и их распределении по месторождению.

В поверхностной зоне большинства молибденовых месторождений распространение вторичных соединений молибдена большей частью принимает характер минералогических редкостей. В этом отношении Каджаран не является исключением; представленные здесь гипергенные минералы молибдена немногочисленны (повеллит и ферримолибдит) и проявлены в общем слабо.

При рассмотрении зоны окисления всего месторождения в целом, всех его четырех участков (Центральный, Северо-восточный, Мяканджур и Давачи) устанавливается, что молибденит в результате гипергенных процессов окисляется и выносится или переходит в молибдат кальция — повеллит и молибденовую охру — ферримолибдит. Указанный К. Т. Вартаняном (20) единичный случай обнаружения в продуктах флотации молибдата свинца — зозита (?) не вполне достоверен и в сущности не меняет общие представления о продуктах окисления молибдена.

Несмотря на незначительные концентрации повеллита и ферримолибдита, детальный просмотр поверхностной части месторождения совершенно определенно выявляет неоднобразную картину распределения этих минералов и, следовательно, различный характер условий, благоприятствующих их образованию.

Штокверково-вкрапленный тип оруденения часто затрудняет регистрацию количественного содержания гипергенных минералов молибдена; все же наблюдения над естественными поверхностными выходами и наблюдения в горных выработках указывают на явно более широкое преобладание явлений образования повеллита и менее распространенное присутствие в рудах окисленной части месторождения ферримолибдита. Далее, как правило, совместное присутствие повеллита и ферримолибдита почти совершенно исключается.

Рассмотрим несколько подробнее распределение повеллита и молибденовой охры по отдельным участкам месторождения.

На Центральном главном участке, изученном наиболее тщательно, окисление молибденита приводит почти повсеместно к образованию повеллита и, только в двух небольших канавах (над шт. № 3, северный склон) в кварцевой жиле, наряду с повеллитом обнаруживаются небольшие скопления ферримолибдита.

На Давачинском участке молибденовая охра отсутствует, зато в относительно значительных количествах констатируется повеллит.

Повеллит обычно наблюдается исключительно в виде псевдоморфоз по молибдениту. Во вкрапленниках повеллит отмечен не был, что возможно объясняется не их отсутствием, а скорее незначительностью размеров самих вкрапленников и их трудной распознаваемостью.

Ф. В. Чухров, для Казахстанских месторождений молибденовых руд, помимо повеллита замещения, отмечает наличие повеллита отложения, возникающего в результате выделения молибдата кальция из растворов в трещинах и полостях рудных тел в виде корочек, состоящих из мелких, но хорошо ограненных кристалликов. Подобные образования повеллита в Каджаране не обнаружены.

На Северо-восточном участке в развитых здесь оруденелых мощных кварцевых жилах явления образования повеллита нами не отмечались, зато молибденовая охра с характерным серно-желтым цветом очень часто наблюдается в многочисленных штуфах отвалов выработок. Скопления ферримолибдита приурочены как к самой массе жильного кварца, так и к плоскостям трещин отдельности в кварцевой жиле. Вмещающие кварцевые жилы измененные монцониты почти не содержат ферримолибдита. Таким образом, повеллит характерен для Центрального и Давачинского участков, ферримолибдит — для кварцевых жил Северо-восточного участка.

В связи с изложенным материалом возникает вопрос причинности такого распределения.

В существующих немногочисленных работах, касающихся поведения молибдена (61, 82, 95) в зоне окисления, указывается, что, несмотря на довольно медленное разложение и достаточную устойчивость молибденита при процессе окисления, при продолжительном действии кислорода и воды молиб-

денит изменяется, и при этом возникают серная кислота и растворимые в воде соединения MoO_2SO_4 и H_2MoO_4 . В дальнейшем, из этих соединений, при соответствующих условиях осаждаются молибдаты. В случае реакции соединения типа MoO_2SO_4 с соединениями железа возникает, с одной стороны, ферримолибдит, а с другой, соли серной кислоты. В случае же реакции $\text{MoO}_2 \cdot \text{SO}_4$ и ионов кальция происходит образование повеллита.

По данным Н. И. Хитарова (71), наибольшая устойчивость повеллита характерна для растворов, величина концентрации водородных ионов которых варьирует в пределах 7—8, т. е. большей частью для слабощелочных растворов.

Изученные рудничные воды Центрального участка являются достаточно бикарбонатными с величиной рН в пределах от 7,3 до 7,5, что вполне соответствует условиям для осаждения повеллита.

По данным С. С. Смирнова, для образования ферримолибдита характерны более кислые растворы. По-видимому, такая обстановка имела место в районе СВ жил, где, как мы отмечали, широко развит ферримолибдит.

Благоприятным фактором здесь для его образования являлась вполне инертная обстановка, обусловленная характером вмещающей породы (кварц), в то время как в других местах измененные, а иногда даже частично окварцованные монцониты не являлись вполне инертными и сравнительно быстро нейтрализовали растворы, почему здесь мы и наблюдаем повеллит, а не ферримолибдит.

Наряду с образованием продуктов окисления первичного сульфида молибдена, на месторождении довольно часто руды зоны окисления содержат почти совершенно неизменный молибденит, причем присутствующие здесь же сульфиды меди и железа полностью окислены. Нередки случаи, когда в окружающих кварцевые прожилки с повеллитом вмещающих монцонитах присутствуют совсем нетронутые процессами окисления вкрапленники молибденита.

По-видимому, циркулирующие бикарбонатные воды Каджарана все же являются недостаточно сильными нейтрализаторами для кислых растворов, в результате чего молибден лишь частично фиксируется в виде молибдатов кальция и же-

леза, значительная же его часть в виде трехокиси молибдена и ее гидратов мигрирует, переотлагается. Следующие данные указывают на рассеивание и частичное выщелачивание молибдена из зоны окисления.

При описании отдельных минералов отмечалось, что на Центральном и Давачинском участках повеллит выражен различно, имеет различную окраску и т. д. Наблюдения показывают, что и в том, и в другом участках совершенно отчетливо повеллит разрыхляется и в дальнейшем механически выщелачивается.

Процесс выщелачивания молибденита в кварцевых жилах идет по схеме: молибденит—повеллит—образование ясных шелевидных пустоток, свидетельствующих о выщелачивании. Пустотки, образованные в результате выщелачивания агрегатов таблитчатых пластинок молибденита, сохраняют причудливые формы с зазубренными, ребристыми внутренними стенками (фиг. 29). Размеры пустоток выщелачивания различны, но варьируют в пределах от нескольких мм до 2—3 см.



Фиг. 29. Пустотки выщелачивания агрегатов молибденита (темные участки) в заохренной кварцевой жиле. $\times 2$.

На том же Центральном участке выщелачивание отдельных вкрапленников молибденита в кварцевых прожилках идет иногда непосредственно без отложения молибдата. Наблюдаемое здесь наличие частично сохранившихся пластинок молибденита в пустотках выщелачивания указывает или на то,

что образовавшийся при окислении молибдат переходил в раствор без отложения на месте, или же, что менее вероятно, на последующее полное выщелачивание этих продуктов отложения.

В кварцевых жилах Северо-восточного участка молибденовая охра наблюдается в виде землистых масс непосредственно на молибдените в теле жилы, но большей частью в виде примазок на плоскостях трещиноватости кварца. Последнее ясно свидетельствует о миграции молибдена, но переотложен он на небольшие расстояния от источника первичного сульфида.

Частичный механический вынос молибдена возможен и непосредственно в виде самого молибдита, имеющего рыхлый характер и способного давать суспензии.

В связи с вопросами о миграции в общем рассеивании молибдена небезынтересны приводимые ниже данные спектроскопического изучения отдельных гипергенных минералов. В результатах спектроскопических анализов самых различных минералов из зоны окисления, обращает на себя внимание постоянное присутствие в них молибдена. Преобладают слабые линии, что приблизительно отвечает 0,0X% молибдена. Материал навесок был весьма тщательно отобран под бинокулярной лупой и никаких видимых следов молибденовых минералов не содержал.

Следовательно, молибден первичного сульфида при своей гипергенной миграции переотлагается и частично входит в состав самых разнообразных вторичных минералов.

В связи с этим весьма интересно привести некоторые результаты экспериментальных исследований по обогатимости проб окисленных медно-молибденовых руд Каджарана, проведенных в 1945 г. научными сотрудниками ВИМС М. А. Эйгельсом и Л. Г. Подкосовым. Ими были произведены многократные флотационные опыты по извлечению молибдена из руд зоны окисления месторождения. Опыты установили, что общее содержание молибдена колеблется в широких пределах, причем содержание сульфидного молибдена колеблется еще в больших пределах и составляет от 0 до 60%, а содержание «окисленного» («молибдатного») от 40 до 100% от общего количества этого металла.

Результаты химико-спектроскопических анализов минералов зоны окисления

№ обр.	Место взятия	Наименование	Интенсивность линий для Мо
шт. 6/130	Центральный участок, штольня 6	лампадит	слабые +
51/39	Центральный участок, Южный склон	стильпносидерит	слабые
70/40	Центральный участок, район греческих выработок	фиброферрит	слабые +
141/40	Центральный участок, канава № 7	брошантит	следы
110/40	Центральный участок, отвалы стар. греческих выработок	ярозит	слабые +
81/40	Центральный участок, водораздел	повеллит (белый)	сильные
3/40	Давачи	повеллит (зелен.)	в. средних
226/40	Центральный участок, штольня 8 (Чиркова)	малахит	о. слабые
92/40	Центральный участок, район центр. дайки	галлуазит	слабые
Скв. 3/29,5	Центральный участок	ярко-желтая охра	о. слабые
Шт. 6/32	Центральный участок	светло-желтая охра	о. слабые
22/40	Центральный участок, Южный склон	буровато-красный турьит (?)	средние
65/40	Центральный участок, район центр. дайки	желтая охра	средние
83/40	Центральный участок, Южный склон	турьит (?)	слабые +
92/40	Центральный участок, район центр. дайки	неизменная хризокolla	следы
96/40	Центральный участок, Южный склон	бурый железняк с красн. оттенком	слабые
96/40	Центральный участок, Южный склон	бурый железняк с желтым оттенком	слабые
147/40	Центральный участок	буровато-красная рыхлая охра	слабые

Данные минералогических наблюдений, химические и технологические исследования позволили обоим названным авторам прийти к выводу, что «окисленный» молибден Каджарана представлен молибденсодержащим лимонитом, присутствующим в большинстве проб окисленной руды. Однако, несмотря на несомненную установленную связь лимонита и молибдена, «нет оснований утверждать, что весь связанный окисленный молибден или, по крайней мере, основная его часть представлена только молибден-содержащим лимонитом, а не какими-либо другими компонентами руды». Образование молибденоносного лимонита авторы объясняют либо адсорбцией молибдена лимонитом из растворов, либо (что наиболее вероятно) совместным осаждением железа и молибдена из растворов, при нейтрализации последних. По заключению авторов извлечение связанного «окисленного» молибдена не представляется реальным, т. к. помимо чрезвычайной трудности флотации лимонита из руд вообще, весьма низкое содержание молибдена в лимоните еще больше затрудняет эту задачу.

Результаты более позднего изучения на обогатимость проб из окисленных и смешанных сульфидно-окисленных руд Каджарана, произведенного научным сотрудником Механобра Н. С. Петровым, установили также, что, во-первых, около двух третей всего молибдена окисленных руд представлены молибденосодержащим лимонитом (см. описание лимонитов), и, во-вторых, согласно технико-экономическим расчетам, произведенным на основании получения технологических показателей обогащения окисленных руд, выгодность их эксплуатации в промышленных условиях вызывает сомнение.

Для Каджарана этот вопрос является весьма актуальным, т. к. в связи с переходом рудника в основном на открытые работы, особое значение приобретает вопрос о возможности извлечения окисленных форм меди и молибдена* из руд, сла-

* На фабрике за последнее время проведен ряд мероприятий по улучшению показателей работы в отношении доизвлечения окисленных форм меди. Наиболее эффективным мероприятием оказалась сульфидизация окисленных медных минералов сернистым натрием в голове процесса. При испытании этого режима на фабрике было достигнуто некоторое увеличение товарного извлечения меди.

гающих зону окисления, которые и сейчас еще являются забалансовыми, главным образом, потому, что извлечение окисленного молибдена пока технологически не разработано.

Существенным моментом, характеризующим растворение и миграцию молибдена, является факт обнаружения известных количеств молибдена в пробах рудничных вод. В приводимых выше анализах ряда проб рудничных вод (глава «Химизм рудничных вод») содержание молибдена колеблется в пределах от 0,88 до 8 мг/л. Небезынтересны результаты подсчета, произведенного Н. И. Долухановой (25) в отношении выноса молибдена водными растворами на дневную поверхность месторождения. При суточном дебите воды 554 тыс. литров, вынос металлического молибдена равен 1570 г, что составляет в год, приблизительно, 573 кг.

Таким образом, в зоне окисления Каджарана растворение и вынос молибдена циркулирующими водами, безусловно, имеют место.

Процессы поверхностных изменений для каждого данного месторождения в первую очередь зависят от климата и рельефа, о чем уже говорилось выше. Для Каджарана с его высокогорным рельефом и в известной мере континентальным режимом, не совсем благоприятным моментом для образования хорошо выраженных зон окисления и выщелачивания является интенсивная эрозия.

Быстрота эрозии хорошо подчеркивается резко расчлененным рельефом местности и морфологическим характером относительно молодых крутых склонов в районе главных участков месторождения.

Далее, при прочих равных условиях, характер гипергенного изменения руд и интенсивность развития зоны окисления для южных и северных склонов, совершенно отличны. Для южных склонов, участков с более теплым температурным режимом, не защищенных почти почвенным покровом, открытых и, следовательно, скорее эродируемых и разрушаемых, характерна относительно слабо проявленная зона окисления. Для северных склонов, задернованных в той или иной степени, процессы изменения, а отсюда и проработанность зон окисления и выщелачивания, выражены более отчетливо.

Из всего приведенного материала, характеризующего миграцию и выщелачивание молибдена из зоны окисления Каджаранского месторождения, возможны следующие основные выводы:

1. Первичный сульфид молибдена — молибденит, несмотря на относительную стойкость, в результате процессов окисления частично разлагается и Мо переходит в растворы. Незначительная часть его при соответствующих условиях осаждается в виде водных молибдатов железа и кальция, большая же часть мигрирует, переотлагается или выносится совершенно из месторождения.

2. Осаждение молибдена в виде молибдатов не характерно для месторождения. Однако образование молибдата кальция (повеллит) имеет относительно более широкое распространение, чем образование водного молибдата железа (ферримолибдит). Причина неоднобразного распределения продуктов окисления молибдена скорее всего объясняется различной обстановкой их образования, главным образом, степенью кислотности циркулирующих растворов.

3. Хорошо выраженные характерные пустотки, наблюдаемые в ряде пунктов месторождения в массе жильного кварца, несомненно, говорят о ранее присутствовавших здесь агрегатах молибденита и последующих явлениях их выщелачивания.

4. Причина неполного выщелачивания молибдена из зоны окисления обусловлена, с одной стороны, недостаточной кислотностью растворов, известным нейтрализующим характером самих вмещающих мондонитов и, с другой стороны, рядом физико-географических условий Каджарана (климат, рельеф и интенсивность эрозии, препятствующей длительному существованию измененных руд зон окисления и выщелачивания).

5. На основе химико-спектроскопического изучения минералов из зоны гипергенеза обнаруживается, что молибден помимо окисленных чисто молибденовых минералов, входит в состав всех проанализированных гипергенных минералов меди и железа. Это необходимо учесть при дальнейших работах по обогащению окисленных и полуюкисленных руд.

III. МИНЕРАЛОГИЯ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ АГАРАКСКОГО МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО СТРУКТУРЫ

Агаракское месторождение входит в так называемую Конгуро-Алангезскую рудную область Южной металлогенической провинции Малого Кавказа.

Месторождение расположено в Мегринском районе Армянской ССР. Самой ближайшей к месторождению станцией ж. д., соединяющей г. Баку с г. Ереван через г. Джульфу, является ст. Карчеван.

Агарак связан со ст. Карчеван 15-километровой автомобильной дорогой. С районным центром — г. Мегри — месторождение связано выючной тропой протяженностью 7 км и автомобильной дорогой длиной 25 км.

Абсолютная высота рудного поля месторождения колеблется в пределах от 1000 до 1300 м. Весь район, где расположено и Агаракское месторождение, несет в себе черты молодой горной области, для которой характерен сильно пересеченный рельеф, резкая крутизна склонов и многочисленные, порой каньонообразные, ущелья.

Месторождение тяготеет к бассейну небольшой горной р. Агарак, являющейся правым притоком р. Мегри. В районе месторождения протекают еще две небольшие речки — Ай-Дараси и ручей Спетри.

Агаракское месторождение известно с очень давних пор, посещалось, разведывалось и частично эксплуатировалось (окисленные медные руды эксплуатировались в очень небольшом объеме до 1913 г.) на протяжении 100 лет с большими перерывами.

Систематическое геологическое изучение месторождения начато с 1925 года. Разведочные работы, проводимые на месторождении, продолжались в течение ряда лет (1930—34 гг.), затем месторождение было законсервировано; с 1941 года работы снова были возобновлены и продолжались до конца 1952 г. с двухлетним (1942—43 гг.) перерывом, вызванным Отечественной войной. В настоящее время разведочные работы по Агараку завершены, промышленные запасы утверждены ВКЗ и ведутся подготовительные работы, обеспечивающие ввод месторождения в эксплуатацию.

Основные испытания технологических проб руд месторождения на обогатимость дали положительные результаты и установили возможность получения молибденового и медного концентратов.

Вопросами геологии, тектоники, подсчетом запасов меди и молибдена Агарака в разное время занимался ряд исследователей: В. Г. Грушевой, В. А. Соколов, А. В. Кржечковский, И. В. Барканов, И. А. Тараян, Н. А. Фокин, Г. М. Сластуженский, А. М. Аветисян. Наиболее полные наблюдения, явившиеся материалом для составления полных сводок по месторождению, принадлежат И. В. Барканову (1934 г.) и Н. А. Фокину (1946—55 гг.). Месторождение в различное время посещалось и осматривалось рядом геологов Министерства геологии: Е. Г. Багратуни, М. П. Русаковым, В. Н. Котляром, В. Г. Соловьевым и др.

Минералогическое описание сульфидных руд впервые дано И. В. Баркановым (им сведены все данные, полученные при изучении руд, А. В. Кржечковским, инж. Шония и В. К. Егоровой), и значительно позже М. П. Исаенко. Затем в последней сводке по месторождению, на основании всего имеющегося материала и своих личных наблюдений описание минералогического состава руд приводит Н. А. Фокин.

Минералогия зоны окисления специальному изучению никогда не подвергалась и в отчетах предыдущих исследовате-

лей имеется только либо перечень встречающихся здесь окисленных минералов, либо их чрезвычайно краткие описания.

Среди рудного поля месторождения выделяются три участка — Центральный, Северный и Южный.

Центральный, наиболее изученный и разведанный, расположен в районе ущельев ручьев Ай-Дараси и Спетри. Северный занимает оба склона ручья Агарак-чай и, наконец, Южный расположен за Спетринским перевалом, в районе притоков р. Карчеван.

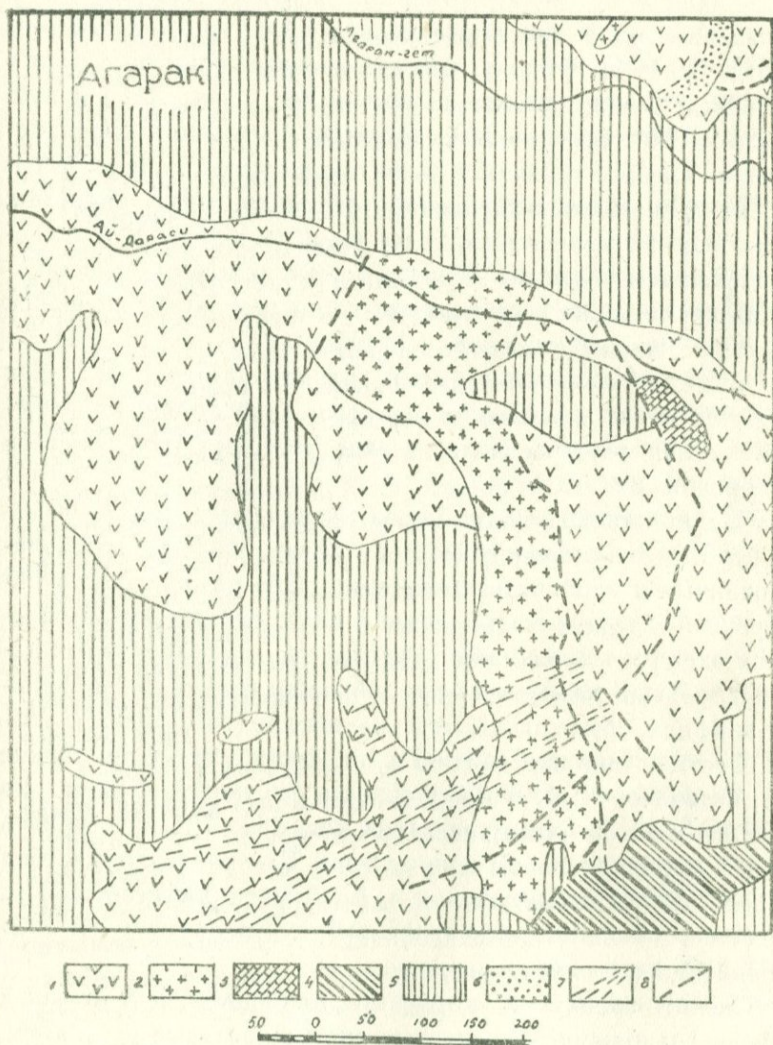
Согласно последним данным по месторождению, в строении района Агарака принимают участие, главным образом, интрузивные и частично осадочные породы. Интрузивные породы представлены кварцевыми монцонитами, кварцевыми диоритами, сиенито-гранитами, гранодиоритами и гранодиорит-порфирами (фиг. 30).

Осадочные образования представлены толщей верхнетретичных угленосных песчаников, разнообразными брекчиями и современными наносными отложениями. Кварцевые монцониты распространены к востоку от района месторождения. Г. М. Сластушенский упоминает о подчиненном значении кварцевых диоритов в участке развития кварцевых монцонитов. Последние, без резко выраженного контакта, к западу переходят в сиенито-граниты. Полоса сиенито-гранитов, к которой приурочено и месторождение, прослежена на расстоянии до 15 км в меридиональном направлении (от р. Аракс к северу), шириной до 2 км и залегает между массивами кварцевых монцонитов — на востоке и гранодиоритов — на западе.

Для широко распространенных на всех участках месторождения сиенито-гранитов выделяются несколько (до пяти) разновидностей, связанных частыми переходами. На площади рудного поля Агарака сиенито-граниты чрезвычайно сильно изменены, окварцованы, серицитизированы и каолинизированы; иногда сильное окварцевание сиенито-гранитов превращает их во вторичные кварциты. Сиенито-граниты содержат мелкую вкрапленность халькопирита, пирита, молибденита, образующих небольшие сульфидные жилки или входящих в состав кварц-сульфидных жил.

Вся порода в результате мощных тектонических воздействий нарушена, раздроблена и участками брекчирована.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА АГАРАКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
(по А. М. Аветисяну, Г. М. Сластушенскому, Н. А. Фокину).



Фиг. 30. Сиеңито-граниты; 2. Гранодиорит-порфиры; 3. Песчаники;
4. Красные брекчии; 5. Современные отложения; 6. Древний аллювий;
7. Зоны дробления; 8. Тектонические трещины.

Иногда наблюдаются полосы нацело брекчированных пород, причем цемент преимущественно проникнут гидроокислами железа.

К западу от сиенито-гранитов развиты гранодиориты, слагающие уже восточные склоны Конгуро-Алангезского хребта. По Н. А. Фокину, контакт сиенито-гранитов с гранодиоритами резкий, падает на восток под углом 70° при простирании 360° . Судя по экзоконтактовому влиянию гранодиоритов на сиенито-граниты и развитию в рудном поле месторождения асхистовых отщеплений гранодиоритовой интрузии, последнюю можно считать более юной по отношению к сиенито-гранитам. Контакт осложнен тектоническими трещинами, возникшими по всей вероятности, в результате подвижек уже после внедрения гранодиоритов.

Асхистовыми отщеплениями гранодиоритовой интрузии являются дайки и дайкообразные тела гранодиорит-порфирового состава, встречающиеся в ряде мест всех трех участков месторождения.

Среди гранодиорит-порфиров различаются мало измененные и сильно измененные (каолинизированные, серицитизированные и карбонатизированные). Обе разновидности обнаруживают тесную взаимосвязь и часто наблюдаются в пределах одной и той же дайки. Из всех зарегистрированных даек наибольшие размеры имеет дайкообразное тело гранодиорит-порфира, обнажающееся в ущельях рр. Ай-Дараси и Спектри. Соотношение протяжения и мощности этого тела, равное 3:1, позволяет Н. А. Фокину считать его скорее штоком, но не дайкой. Шток падает на запад под $\angle 60-70^\circ$, простираясь почти в меридиональном направлении. Ширина выхода штока на поверхности вдоль ущелья р. Ай-Дараси достигает 150 м. Мощность остальных даек от 0,5 до 5 м. Простирание их либо меридиональное, либо широтное.

Сиенито-граниты и кварцевые монцониты, и в меньшей степени гранодиориты, содержат меланократовые ксенолиты, размер которых непостоянен, от нескольких сантиметров до нескольких метров. Г. М. Сластухинский склонен часть ксенолитов относить к ширам.

Из осадочных образований участка месторождения наиболее древними являются верхне-третичные (плиоценовые)

угленосные песчаники, встреченные как на поверхности, так и в разведочной выработке и приуроченные к висячему боку мощной зоны разлома.

По мнению исследователей, детально изучавших эти отложения, они являются остатками когда-то существовавшей угленосной осадочной свиты, сохранившимися от размыва только благодаря погружению на значительную глубину при тектонических движениях.

Помимо песчанисто-угленосных осадочных образований, на месторождении развиты красные и черные брекчии. Площадь распространения черных брекчий значительно уступает широкому полю развития красных брекчий. Черная брекчия наблюдается в виде небольших, разрозненных выходов, в то время как красная брекчия слагает большие площади. Г. М. Сластухинский, изучавший все террасовые отложения месторождения, относит красную брекчию к отложениям древней гидрографической сети. И. В. Барканов считал ее верхней, исходной террасой современной гидрографической сети. Что касается черной брекчии, то И. В. Барканов рассматривал ее как образование самостоятельной террасы.

Структура рудоносной площади характеризуется наличием двух крупных тектонических разрывных нарушений меридионального направления, между которыми и заключено месторождение.

С востока по ущелью р. Спетри проходит зона Спетринского разлома с простирием СВ 10° и падением на 3 под углом от 75° в южной части Центрального участка до $40-30^\circ$ в северной его части. Данный разлом, по-видимому, является дорудным, и зона интенсивного дробления и смятия пород служила важнейшим рудоподводящим каналом. Спетринский разлом резко ограничивает оруденение с востока. Ряд данных позволяет считать его восточное крыло опущенным, а западное поднятым на десятки метров.

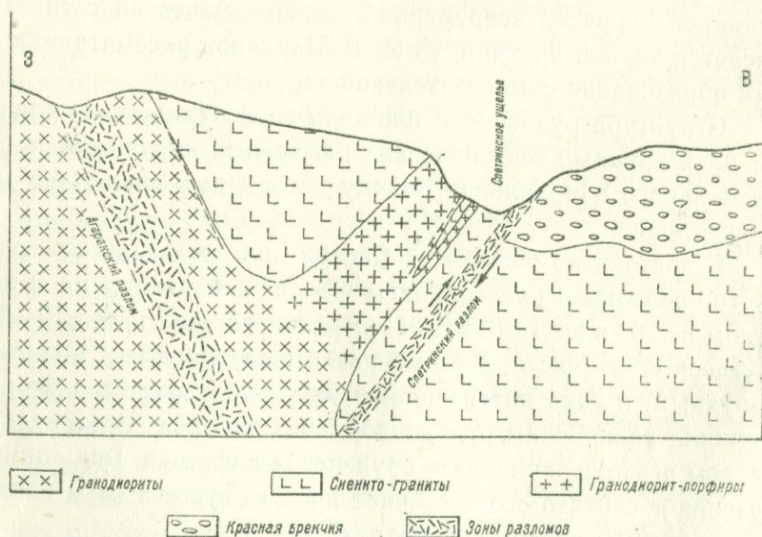
Другой крупный региональный разлом с простирием СВ $20-40^\circ$, называемый Агаракским*, проходит несколько

* Данные последних наблюдений А. М. Аветисяна подтверждают ранее высказанное мнение ряда геологов о том, что Агаракский и Дебаклинский разломы составляют одну неразрывную структурную единицу, протягивающуюся от Каджарана до Агарака.

западнее контакта сиенито-гранитов с гранодиоритами и падает на восток под углом $60-70^\circ$. В непосредственном контакте этих двух массивов также наблюдается параллельная зона нарушенных пород. Оба разлома падают навстречу друг другу.

Н. А. Фокин весь рудоносный участок между этими разломами относит к типу горстового поднятия (фиг. 31). Однако В. Г. Грушевой находит, что хотя твердо и установлено, что западное крыло восточного разлома (т. е. рудоносный участок) является поднятым, все же из-за недостатка данных, касающихся вопроса о движении по западному разлому (Агаракскому), нет основания «говорить о горстообразном поднятии всего клиновидного, сужающегося книзу участка месторождения по обоим разломам».

СХЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ АГАРАКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (поперечный разрез по Н. А. Фокину)



Фиг. 31.

Помимо этих основных меридиональных разломов на месторождении прослежено несколько зон смятия и раздробления СВ простирания (СВ $35-45^\circ$) с СЗ падением под углом от 45 до 60° и нарушений СЗ простирания. Судя по минера-

лизации, возраст этих зон устанавливается как дорудный, но тектонические подвижки по ним, как и по меридиональным разломам, происходили и после рудоотложения.

Первыми по образованию следует считать меридиональные разломы. Зоны разломов двух других направлений, по-видимому, возникли одновременно с ними, как сопряженные трещины скалывания и растяжения.

Кроме того, все рудное поле разбито послерудными нарушениями, создающими, в свою очередь, многочисленные блоки, участки, полосы и зоны.

Оруденелыми вмещающими породами Агарака являются в равной степени сиенито-граниты и породы дайкообразных тел гранодиорит-порфира, заключенных между зоной Спетринского разлома с востока и контактом между сиенито-гранитами и гранодиоритами с запада, причем «среднее содержание полезных ископаемых не изменяется при переходе из одной породы в другую». К северу и югу от Спетринского ущелья отмечается ослабление промышленного оруденения. Н. А. Фокин считает, что это вызвано погружением южной и северной частей штока (на Северном и Южном участках шток на поверхности не обнаруживается) и возможно обогащенные участки расположены гораздо ниже разведанных горизонтов.

Наибольшая промышленно-интересная концентрация оруденения приурочена к восточному контакту штока гранодиорит-порфира с массивом сиенито-гранита, и к полосе самих сиенито-гранитов, залегающей в лежащем боку этого штока. К западу от этого контакта оруденение, согласно результатам химических анализов многочисленных проб, становится более бедным. Кроме того, в пределах всего рудного поля отмечаются отдельные участки, повышенное обогащение которых металлами так или иначе связано со структурными условиями каждого данного блока месторождения. Наиболее интенсивно обогащены полезными ископаемыми зоны брекчирования и раздробления СВ простираения.

Что же касается вопроса о закономерности в распределении главных полезных компонентов с глубиной, то, если для меди отмечается частичное уменьшение содержаний на более низких горизонтах, в отношении молибдена наблюдается об-

ратная картина, а именно максимальное содержание молибдена устанавливается на самом низком разведанном горизонте месторождения*. Пиритизация к западу и с глубиной заметно повышается.

Медно-молибденовое оруденение месторождения в основном характеризуется вкрапленным, рассеянным типом; реже рудные минералы встречаются в виде примазок по трещинам отдельности и в виде кварц-сульфидных прожилков. Мономинеральные сульфидные прожилки отсутствуют, за исключением небольших пиритовых жилок (шт. 47, 31), что является резким отличием Агарака от Каджарана.

Ниже приводится список первичных минералов и минералов зоны вторичного сульфидного обогащения, составленный согласно данным всех существующих отчетов и наблюдений автора (список всех гипергенных минералов приводится в главе, посвященной зоне окисления).

Первичными минералами месторождения являются: пирит, халькопирит, молибденит, борнит, галенит, сфалерит, гематит, магнетит, теннантит, энаргит (люционит), висмутовые минералы, самородное золото, пирротин, арсенопирит. Из минералов зоны вторичного сульфидного обогащения встречаются: халькозин, борнит и ковеллин. Интересно, что постоянно (1934, 1947, 1951 гг.) при флотации агаракских руд, в концентратах были встречены минеральные образования, напоминающие графит. В. Г. Грушевой в своем отчете приводит данные, свидетельствующие о вероятной связи графита с тектоническими глинками из зон нарушения. Им приводятся результаты двух анализов таких глинок; содержание углерода в них порядка 0,1—0,05%.

В целом минералогическая ассоциация, характер изменения боковых пород и ряд других признаков позволяет оруденение Агарака отнести к переходной от высоко к среднетемпературной фазе образования гидротермальных рудных месторождений.

* На месторождении доступное изучению распространение оруденения по вертикали колеблется в пределах 200 м.

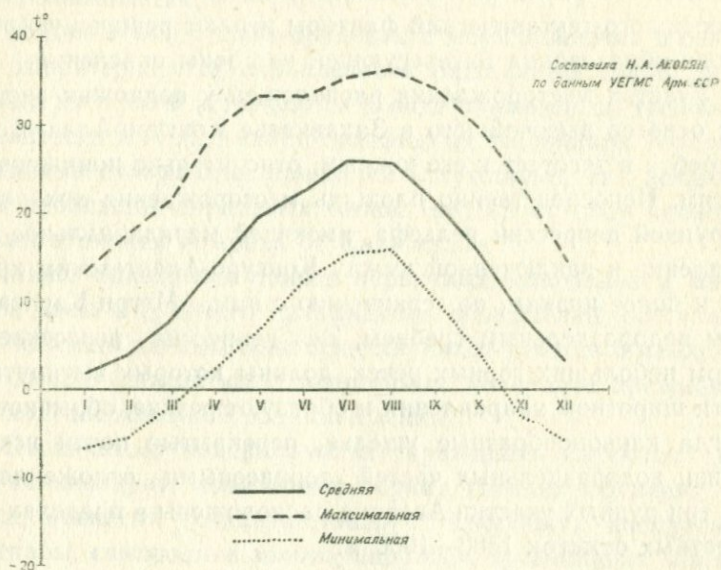
Для Агаракского месторождения, с его современным, исключительно резко расчлененным рельефом, климатический и морфолого-тектонический факторы играют решающую роль в ходе образования интересующей нас зоны окисления.

Участок месторождения расположен у подножья восточных отрогов высочайшего в Закавказье Конгуро-Алангезского хребта и тяготеет к его южным, относительно пониженным частям. Непосредственно площадь месторождения находится в крупной депрессии рельефа, имеющей меридиональное направление и заключенной между Конгуро-Алангезским хребтом и более низким, по сравнению с ним, Мегри-Карчеванским водораздельным гребнем. Вся депрессия пересекается рядом небольших горных речек, долины которых вытянуты в почти широтном направлении и образуют резкие, обрывистые, иногда каньонообразные ущелья, перекрытые почти всегда вблизи водораздельных частей террасовыми отложениями. Все три рудных участка Агарака расположены в пределах абсолютных отметок 1300—1000 м.

В климатическом отношении район месторождения отличается жарким летом, дождливой осенью и весной и относительно холодной и снежной зимой. Разница температуры между наиболее жаркими летними днями и самыми холодными зимними иногда доходит до 60°. Таким образом, Агарак скорее всего можно отнести к области с континентальным климатическим режимом. Область, к которой тяготеет район месторождения, нередко называют «Армянскими субтропиками». Климат Агарака относят к климату майса, являющемуся переходным от умеренного к субтропическому и характерному для южных предгорий Большого Кавказа, некоторых районов Закавказья, а за рубежом для части Италии, Румынии и Сербии.

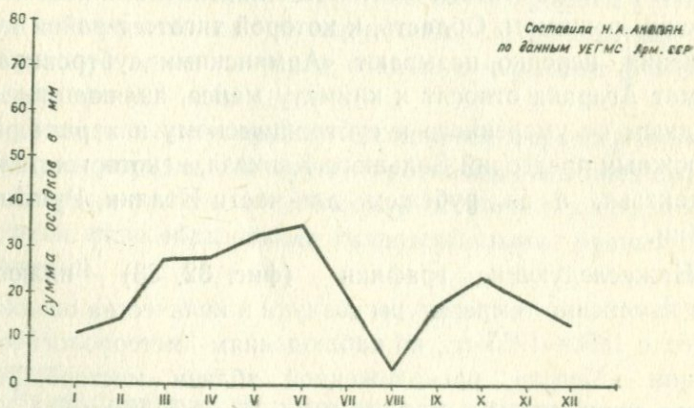
Нижеследующие графики (фиг. 32, 33) иллюстрируют изменения температуры воздуха и количества осадков за период с 1950—1955 гг., по наблюдениям метеорологической станции «Мегри», расположенной вблизи месторождения. Если в июле, августе температура воздуха достигает +35°, +36,1°С, то наиболее низкие значения отмечаются для декаб-

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА
ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ „МЕГРИ“
(средние за период 1950—1955 г.г.)



Фиг. 32.

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ ПО МЕСЯЦАМ
ПО ДАННЫМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ „МЕГРИ“
(средние за период 1950—1955 г.г.)



Фиг. 33.

ря — января — $6,5^{\circ}$; $-5,1^{\circ}\text{C}$. Средняя сумма осадков за год составляет 243,1 мм. Все эти данные довольно резко отличаются климатические условия района Агаракского месторождения от климатических условий всех остальных изученных медно-молибденовых месторождений Армении.

Рельеф отдельных участков месторождения несколько различен. Центральный участок, главная рудоносная площадь которого расположена в ущелье р. Спетри, характеризуется чрезвычайно резким рельефом. Ущелье имеет форму как бы полуцирка, обращенного к северу, причем склоны его большей частью отличаются необыкновенной крутизной и образуют отвесные скалы и обрывы, часто совсем недоступные. Особенно скалист, с массой грубообломочных осыпей, западный склон, где расположена главная, самая перспективная часть месторождения. Восточный склон отличается относительно более сглаженным рельефом, но он находится за зоной тектонического нарушения, фактически обрезающего рудоносную площадь с востока.

Западный склон лишен растительности и почти нацело обнажен. Обращенная к солнечной стороне поверхность этого склона быстрее освобождается от снежного покрова и весной весь накопленный материал дресвы сносится вниз быстро стекающими тальми водами. Даже в течение второй, более прохладной половины дня (наблюдения относятся ко времени полевых работ автора в осеннее время) часто можно наблюдать как масса обломков обрушается в направлении русла ручья. Скорость эрозионного среза чрезвычайно велика. Часть разведочных выработок, пройденных сравнительно недавно (1932—34 гг. и 1941—51 гг.), совершенно не сохранилась, не сохранился и материал их отвалов. В результате эрозионных процессов часть зоны промышленного оруденения, расположенной над современным тальвегом р. Спетри, совершенно не сохранилась и участки штолен № 40, 47, 48 по всей вероятности являются только краевыми частями денудированной богатой зоны.

Таким образом, начальные стадии образования рельефа центральной части месторождения являются совершенно неблагоприятными для формирования зоны окисления благодаря отсутствию сколько-нибудь постоянных стабильных усло-

вий просачивания окисляющих поверхностных вод и сохранения окисленного рудного материала.

Другая часть Центрального участка занимает северный склон ущелья р. Ай-Дараси. Здесь развит небольшой растительный покров и кое-где сохраняется материал наносных образований. В этом небольшом участке месторождения проявлен сравнительно интенсивно и комплекс гипергенных минералов.

Северный участок с более теплым температурным режимом расположен на южных склонах крутого, скалистого Курисского плато. Снос разрушаемого материала, аналогично западному склону Спетринского ущелья, идет с большой скоростью и в сущности на поверхности почти не удалось отметить никаких сколько-нибудь хорошо выраженных участков распространения минералов зоны окисления.

Южный участок с относительно мягким рельефом частью скрыт под наносами, а в ущельях протекающих здесь рек имеет в общем тоже хорошую обнаженность.

Таким образом, для образования зоны окисления Агарака весьма характерно, что процессы эрозии опережают процессы окисления и выщелачивания. Поэтому на поверхности почти повсеместно, наряду с участками нацело окисленных руд, присутствуют сульфиды либо слабо затронутые окисляющим действием циркулирующих вод, либо совершенно свежие. Все это приводит к тому, что практически на месторождении зона окисления не выделяется.

В 1949—1950 гг. специально для выяснения мощности зон окисления и выщелачивания были пройдены ряд шурфов и несколько скважин мелко-алмазного бурения. В результате всех полученных данных констатируется, что на месторождении мощность наносов колеблется в пределах от 3 до 9 м, для пологих мест; в Спетринском и Ай-Дарасинском ущельях наносы почти полностью отсутствуют, что же касается мощности зоны окисления и выщелачивания, то она также крайне непостоянна и колеблется в пределах от 3—4 м и редко достигает 20—25 м.

Данные опробования разведочных выработок также убедительно свидетельствуют о ничтожном значении окисленных минералов в общем балансе валовой руды.

Неблагоприятным моментом, влияющим на образование хорошо проработанной зоны окисления, является и вкрапленный характер оруденения, так как известно, что окисление сульфидов протекает значительно быстрее при соприкосновении отдельных зерен друг с другом, особенно в сплошных рудах.

Структурно-текстурные особенности чрезвычайно рассеянной агаракской сульфидной рудной массы только способствуют медленному течению процессов окисления. В силу этого почти все окисленные образования месторождения носят характер тончайших корочек, налетов, реже скоплений по небольшим пустотам и трещинам, и только для первых метров горных выработок отмечается более или менее постоянное, относительно большое количество минеральных новообразований сульфатной группы.

Однако в Агараке гипергенные минералы проявляются не только в приповерхностных частях рудоносной площади. Нередко на больших расстояниях от поверхности, по вертикали, по отдельным трещинам или крупным зонам нарушения рудоносных пород проникают циркулирующие воды, окисляющие по пути просачивания первичные сульфиды. Подобные локальные явления, безусловно, связаны со структурно-тектоническими условиями рудного поля.

Это особенно хорошо наблюдается в штольне 7, пройденной в западном борту Спетринского ущелья. Примерно с глубины 100 м от устья штольни, в бортах и потолке выработки заметно сильное ожелезнение и вся порода заохрена. Далее, по прямому стволу штольни из обильно стекающих капель воды образуются на значительных участках своеобразные, сталактитообразные лимонитовые образования с блестящей поверхностью. Данный участок штольни проходит по зоне сильного дробления и смятия пород, и вполне понятно, что многочисленные тектонические трещины создают свободный доступ железосодержащим растворам, из которых и были отложены наблюдаемые здесь эффектные новообразования.

В итоге всего вышеизложенного для Агарака произвести строгую классификацию измененных руд по минералогическому составу невозможно.

И. В. Барканов, приводя техническую классификацию руд месторождения, склонен выделять следующие типы: 1) выщелоченные, богатые лимонитом и почти не содержащие медных минералов, 2) полуокисленные, в которых часть меди представлена окисленными минералами, главным образом, малахитом, 3) сульфидные, с подразделением на а) вторично-обогащенные и б) собственно-первичные.

Им приводятся очень интересные данные химических исследований и по обогащению агаракских руд, взятых из зоны окисления. Изучалось распределение меди как в рудах, так и в концентратах. Анализируемые сборные технологические пробы были отобраны: 1) в 1932 г., с глубины 0—20 м от поверхности (из полуокисленных руд) и 2) в 1933 г., с глубины 10—40 м от поверхности (в пробу видимые полуокисленные руды не брались). Данные анализа показали, что медь, содержащаяся в окисленных минералах, в первой пробе составляет 60% и в пробе, взятой в 1933 г., — 18% от общего ее содержания в руде.

По данным 1947 г., полученным в результате изучения сводной пробы, в состав которой входили руды различной степени окисления, вплоть до совсем неизменных, соотношение распределения первичных и окисленных минералов сводится к следующему: 1) по содержанию меди первичных сульфидов — 66,6%; вторичных — 24,5; окисленной меди — 8,9; 2) содержание окисленного молибдена равно 3,5% от его общего количества в руде. Позже, в 1951 г. Институтом Механобр, при повторном испытании агаракских руд на обогатимость, был произведен рациональный анализ на распределение содержаний меди и молибдена (окисленного и сульфидного). Согласно этим данным можно прийти к выводу, что и медь окисленная (не >20% от общей) и молибден окисленный (не >3% от общего) составляют незначительный процент в общем балансе руды.

Н. А. Фокиным выделяются в особую группу только собственно-выщелоченные руды. Разделение же остальных руд на полуокисленные, окисленные и руды зоны вторичного сульфидного обогащения, учитывая и многочисленные отрицательные результаты химических анализов проб из разведочных

выработок в отношении содержания меди в окисленных минералах, он находит практически нецелесообразным.

Действительно, выделение даже отдельных участков с полуокисленными и нацело окисленными рудами не всегда возможно. В дальнейшем под окисленными и полуокисленными рудами в совокупности мы будем подразумевать: а) вмещающие гидротермально измененные сиенито-граниты и породы даек, содержащие вкрапленники и кварц-сульфидные прожилки, в которых сульфиды полностью или частично затронуты процессами окисления и б) руды с тем или иным количеством карбонатов меди в виде малахита и реже азурита.

Перечень всех гипергенных минералов, слагающих выше-описанные руды и участки с окисленными и полуокисленными рудами, на основании всего имеющегося материала, полевых наблюдений автора и последующей камеральной обработки собранной коллекции, приводится ниже.

Широко распространен малахит, менее распространены: группа водных окислов железа (различные «лимониты»), азурит, ярозит, лампадит, медно-марганцовая смоляная руда, гипс, халькантит; редки—ферримолибдит, минерал из группы блёдита, самородная медь, самородная сера, куприт, делафоссит, тенорит, мелаконит, псиломелан, смитсонит (?), галлуазит, брошантит, хризоколла, повеллит.

Наиболее широко распространенный карбонат меди—малахит—присутствует на месторождении в тех или иных количествах почти повсеместно. Он развит в виде примазок и натечных образований, отлагающихся по многочисленным плоскостям отдельности всех вмещающих пород. Часто он заполняет в них трещинки и небольшие пустотки, причем и здесь более обычна колломорфная разность. Отмечаются и характерные радиально-лучистые агрегаты игольчатых кристаллов. Нередко в виде землистых масс малахит проникает в сильно гидротермально измененные породы. По руслам рек, почти у самого уреза воды малахитом сцементированы небольшие участки наносных образований, протяженностью до 10 м, при мощности до 30 см.

Интересно отметить, что часть малахита, по-видимому, образовалась в самое последнее время (после прохождения разведочных выработок); такой малахит наблюдается в виде

тонких корок и сплошных налетов по кровле и стенкам выработок. Иногда малахит образуется из стекающих по бортам штолен струй воды (штольня 40) не только в виде студенистых масс, но там, где приток воды более слабый, и в виде отдельных разрозненных бугорков. Аналогичная картина отмечалась и для ряда выработок Каджарана.

В ассоциации с малахитом, но в гораздо меньших количествах развит и другой карбонат меди — азурит, для которого более обычна кристаллическая форма проявления.

Что же касается большой группы водных окислов железа, то здесь автор совершенно не согласен с предыдущими исследователями, отмечающими «очень редкое» присутствие «лимонита».

Внимательный просмотр поверхности и микроскопическое изучение каменного материала устанавливают довольно широкое распространение минеральных видов «лимонитов», их большей частью тесные ассоциации и взаимопереходы через промежуточные разности. Правда, почти нигде не удастся отметить относительно больших скоплений минералов этой группы, но на поверхности очень часто наблюдаются небольшие корки, почки, пленки, дендриты, землистые массы, псевдоморфозы, ячеистые и другие формы так называемых «лимонитов». В приповерхностных частях большей частью развита смоляная разность — стильносидерит. Почти всегда карбонаты меди — малахит и азурит развиваются на лимонитовом подстилающем их основании. На лимонитовых же корках и налетах часто развивается галлуазит. На поверхности в целом ряде мест Северного и Центрального участков отмечены очень интересные формы полосчатых, реже почкообразных лимонитовых образований, связанных, по-видимому, с тектоническими трещинами и зонами разломов.

С «лимонитами» тесно ассоциируется ярозит, развитый, также вопреки сложившемуся мнению, хотя и в небольших количествах, но довольно широко и, что особенно интересно, почти исключительно в поверхностных частях всей рудоносной площади. Наблюдаемые налеты, корочки и желваки слабоуплотненных и более плотных разностей ярозита приурочены часто к нацело окисленным прожилкам и их зальбандам, в которых сульфиды либо совершенно выщелочены, либо сохра-

нились только частично. Местами ярозитовые налеты выстилают трещинки отдельности и полости разрушенных кварцевых жил.

На месторождении развиты и медно-марганцовые гипергенные минералы в виде кобальтсодержащего лампадита и медно-марганцовой смоляной руды. Оба минерала наблюдаются чаще в виде тонких корочек, но иногда имеет место проникновение черных скоплений и в массу вмещающей измененной породы. В цементе так называемой черной брекчии наряду с медно-марганцовыми соединениями присутствует и псиломелан.

Почти все устьевые части старых и разведываемых в настоящее время выработок содержат в тех или иных количествах налеты (в старых — более обильные) и скопления минеральных новообразований, главным образом, голубого халькантита.

Чрезвычайно интересным моментом следует признать присутствие минерала из группы блёдита. На халькантите развиваются желтовато-белые выцветы и тонкоигольчатый гипс, присутствие которого для окисленных руд месторождения не является редкостью. Налеты халькантита обнаруживаются и вдоль некоторых русловых частей рек и вообще там, где имеется увлажненная почва.

Из минералов, образовавшихся в результате окисления первичного сульфида молибдена — молибденита, на месторождении нами отмечается только водный молибдат железа — ферримолибдит и то представленный в небольших количествах.

В единичных пунктах поверхности и устьевых частях выработок встречена самородная медь, в тесной ассоциации с ней встречаются небольшие скопления куприта.

Чрезвычайно редкими являются отдельные находки таких минералов, как смитсонит (?) и хризоколл.

Для некоторых участков месторождения, характеризующихся более спокойным рельефом, согласно результатам химических анализов проб, взятых недалеко от устья штолен, отмечается уменьшение содержания ведущих металлов, что говорит об их выщелачивании. Мощность этих участков колеблется в пределах от 0 до 10 м.

В ассоциации с минералами зоны окисления, часто в тесном с ними сростании, присутствуют и минералы зоны вторичного сульфидного обогащения, главным образом, халькозин, реже борнит и ковеллин.

Верхняя граница между зоной вторичного сульфидного обогащения и участками нацело окисленных и полуокисленных руд, а также нижняя граница зоны вторичного сульфидного обогащения с зоной первичных руд, чрезвычайно извилисты так как и халькозин, и борнит, и ковеллин встречаются, начиная от самых поверхностных частей до самых глубоких выработок, пройденных до настоящего времени.

Таким образом, и зона вторичного сульфидного обогащения на месторождении отчетливо не выделяется.

3. ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ

Изложение материала, как и по Каджарану, дается в следующей последовательности: сначала приводятся описания гипогенных минералов зоны первичных руд и минералов зоны вторичного сульфидного обогащения*, затем следуют подробные описания гипергенных минералов, и в конце приводятся совсем краткие данные о «жилых» минералах, слагающих вмещающие гидротермально измененные породы и входящих так или иначе в состав рудной массы. Расположение минералов в пределах каждой группы дается по системе Дана.

а. ГИПОГЕННЫЕ МИНЕРАЛЫ

Самородное золото. Обнаружено впервые автором. И. В. Барканов приводит результаты довольно большого количества определений на золото и серебро в рудах Агарака. Согласно его данным (1931—1933 гг.), Институт Механобр при испытаниях всех технологических проб агаракских руд и их концентратов определил в них следы золота, при тех или иных содержаниях серебра. Произведенные в последую-

* Описание гипогенных минералов приводится подробнее, чем предполагалось раньше. Это вызвано тем, что автором были получены новые фактические данные по первичным минералам и их изложение для месторождения, находящегося еще в стадии освоения, представляется целесообразным.

шем (ЦАЛ, 1934—35 гг.) анализы на золото валовых и специально взятых проб дали отрицательные результаты. В отчете института Механобр о результатах технологического изучения агаракских руд (1951 г.) приводятся данные пробирного анализа, показавшего отсутствие в рудах Агаракского месторождения золота и серебра (золото вообще не обнаружено, а содержания серебра показывают «следы»). Поэтому факт обнаружения микроскопических зерен коренного самородного золота, безусловно, вызывает известный интерес.

Самородное золото обнаружено в образце, взятом из коренного обнажения 167/46 (Центральный участок, Западный склон Спетринского ущелья), вблизи тропинки, идущей по направлению от устья штольни 48 к устью штольни 49. Макроскопически образец представлен сильно гидротермально измененным сиенито-гранитом с мощностью 1,5 см интенсивно лимонитизированным прожилком, в котором наблюдаются реликтовые остаточные участки окисленных сульфидов. Для участка поверхности штолен 48, 49 подобные прожилки обычны.

В отраженном свете (полированный шлиф изготовлен вкрест простиранию прожилка) обнаруживается нитевиднопетельчатая структура замещения халькопирита лимонитом (фиг. 43). В сплошных полостях, выполненных лимонитом, в последнем иногда наблюдается явно колломорфное строение. Чаще обнаруживается ячеистый характер агрегатов лимонита. Лимонит находится в очень тесном срастании с выделениями карбоната меди (?) и, по-видимому, частично его замещает. Халькопирит повсеместно содержит мелкие, неправильной формы выделения сфалерита, причем в последнем всегда видна эмульсионная вкрапленность халькопирита.

Обнаруженные нами два зерна самородного золота приурочены к сплошному халькопиритовому полю, причём для одного из зерен (более крупного) отмечается тесная ассоциация со сфалеритом и кварцем (фиг. 34). В поперечнике размер этого зерна 0,01 мм. Форма выделения изометрическая. Цвет светло-золотисто-желтый. Блеск сильный. Поверхность слегка неровная.

Таким образом, устанавливается несомненная парагенетическая связь самородного золота с халькопиритом. Харак-

тер же распределения зерен самородного золота в массе сульфидов (на контакте со сфалеритом и кварцем, вдоль небольшой полости) скорее говорит в пользу его более позднего выделения по отношению к халькопириту. Подобные условия нахождения самородного золота обычны и часто встречаются в месторождениях гидротермального типа.



Фиг. 34. Обр. 167/4. Ущелье р. Спетри. Самородное золото (Au), сфалерит (sl) и кварц (q) в халькопирите (cp). $\times 680$.

Наличие мельчайших зерен самородного золота в полях халькопирита, в образцах руды из штолен 32 и 7 отмечают М. П. Исаенко и С. С. Мкртчян (50), представившие

результаты своих исследований позже нашего предварительного отчета.

Висмутин. Обнаружен Г. О. Пиджяном. Развита в виде мельчайших удлинённых выделений в полях халькопирита и гипогенного борнита. Образует тесные сростания с медно-висмутовыми минералами.

Молибденит. Один из главных полезных компонентов руд. Присутствует в сиенито-гранитах и дайках гранодиорит-порфиров в виде примазок по трещинам отдельности, чаще в кварц-сульфидных прожилках, реже в чисто кварцевых и еще реже в виде самостоятельных мономинеральных жилков и мелких вкрапленников в породе. Мощность наиболее обычных кварц-сульфидных жилков колеблется в пределах долей см. Молибденит тяготеет к зальбандам; реже он выполняет центральные части кварцевых жилков, несущих сульфиды меди и железа. В массе жильного кварца молибденит нередко наблюдается в виде самостоятельных прерывающихся жилков мощностью до 1 мм; обычно же он развит в виде густой тончайшей вкрапленности, что придает кварцу синевато-темно-серую окраску. Повышенные скопления молибденита тяготеют к участкам сильно окварцованных пород. Н. А. Фокин отмечает для таких участков относительное увеличение размеров пластинок молибденита. Характерен парагенезис молибденита с пиритом; нередко молибденит заполняет трещин-

ки дробления в зернах пирита и окаймляет их. Иногда пластинками молибденита оторочены зерна кварца.

При просмотре поверхности Северного участка нами были встречены кварцевые жилки с чрезвычайно богатым содержанием хорошо образованных кристаллов молибденита (обр. 153/46). Здесь вдоль лога, на расстоянии около 50 м к северу от устья старой штольни № 20 в слабоизмененных сиенито-гранитах трещинки отдельности выполнены интенсивными примазками молибденита. Помимо примазок молибденита сиенито-граниты содержат халькопирит-пиритовые прожилки, причем пирит в них преобладает. Наблюдаемая здесь кварцевая жилка с богатым содержанием молибденита по простиранию выдерживается на расстоянии 2 м и выклинивается в сиенито-гранитах. Местами мощность кварц-молибденитовой жилки доходит до 3 см. Размер чешуек молибденита колеблется в пределах от 0,5 до 1 см. Жильный кварц слегка заохрен. Молибденит развит в виде довольно крупных многочисленных радиально-лучистых агрегатов (фиг. 35), отдельные листочки которых расположены веерообразно, вершинками к стенкам жилки. Иногда молибденит почти полностью заполняет жилку, по всей мощности. Только в одном образце на молибдените удалось подметить слабые налеты ярко-желтого ферримолібдита. Иногда в свободных полостях центральной части прожилка, на кварце развивается, по-видимому, карбонат. Характер агрегатов молибденита свидетельствует о том, что его образование происходило в условиях свободного роста. В отдельных участках жилка содержит помимо молибденита включения халькопирита, причем халькопирит создает и самостоятельные крупные скопления неправильной формы. Под микроскопом для молибденита вообще устанавливаются, по-видимому, две фазы его выделения. Молибденит первой фазы образовался раньше халькопирита и



Фиг. 35. Обр. № 153/46. Северный участок. Радиально-лучистые агрегаты молибденита (Мо) в кварцевом прожилке. $\times 2$.

пирита (шлиф 192/46), из которых первый проникает между молибденитовыми листочками. Молибденит второй фазы, видимому, образовался позже халькопирита (шлиф 148/46), зерна которого он огибают. Подобные же взаимоотношения описаны и И. В. Баркановым.

При очень больших увеличениях в целом ряде полированных шлифов нередко устанавливаются оторочки — «рубашки окисления» — вокруг агрегатов зерен молибденита, возможно являющиеся повеллитом. «Рубашка окисления» развивается по спайности и в виде каймы оторачивает все края пластинчатых зерен молибденита.

Г а л е н и т. Незначительные выделения галенита почти всегда тесно ассоциируются со сфалеритом, теннантитом и энаргитом. Последние два минерала часто окаймляют зерна галенита. Ассоциация галенита с пиритом более редка.

С ф а л е р и т. В отчетах предыдущих исследователей сфалерит отмечается как чрезвычайно редкий минерал, обнаруженный в единичных шлифах.

Нами сфалерит был встречен под микроскопом в ряде полированных шлифов из различных глубин восточного штрека 4, штольни 32 и его отвала (штрек «сбит» с поверхностью), в частности он установлен в шлифе, сделанном из образца с поверхности (см. описание самородного золота). В большинстве случаев небольшие зерна сфалерита приурочиваются к агрегатам зерен халькопирита, с которым он дает тесные срастания и только изредка сфалерит наблюдается в зернах сильно разрушенного пирита.

Халькопирит слегка разъедает сфалерит по краям его выделений и в виде мельчайшей вкрапленности заполняет все его зерна, что свидетельствует или о несколько более раннем выделении сфалерита или, по крайней мере, о почти одновременном его образовании с халькопиритом.

В случае ассоциации с пиритом, сфалерит также содержит его мельчайшие включения.

П и р р о т и н. Отмечается в единичных случаях И. В. Баркановым. Присутствует в виде реликтов в зернах пирита. Нами минерал не обнаружен.

Б о р н и т. О первичном характере некоторой части борнита агаракских руд упоминают все исследователи месторож-

дения. Действительно, в целом ряде изученных полированных шлифов нами были встречены участки сплошных выделений халькопирита и в нем — выделения борнита с четкими ровными границами. В пользу гипогенного характера борнита говорят решетчатые структуры распада твердого раствора халькопирита и борнита, разъедание выделений борнита халькопиритом, тончайшие прожилки последнего в борните.

Для сплошного халькопирита отмечаются очень интересные ответвления от заключенных в нем зерен борнита и самостоятельные своеобразные червеобразные, тончайшие борнитовые выделения, располагающиеся почти параллельно друг к другу (структура остатков от замещения борнита халькопиритом).

Х а л ь к о п и р и т. Широко распространенный минерал месторождения. Встречается повсеместно, на поверхности и в выработках. Обычные формы выделения халькопирита следующие: 1) небольшие примазки по трещинкам отдельности, 2) рассеянная вкрапленность во всех вмещающих породах, 3) выделения в кварцево-сульфидных прожилках, совместно с другими сульфидами и изолированно от них, 4) тонкие сульфидные прожилки халькопирита мощностью 0,5—1,2 мм, иногда в сростании с другими сульфидами большей частью с пиритом, 5) очень редкие выделения в небольших линзочках кварца.

Под микроскопом агрегаты халькопиритовых зерен наиболее часто имеют вид неправильных выделений, приуроченных к мельчайшим трещинкам в породе или к трещинкам в массе жильного кварца. При сростании с пиритом халькопирит всегда окаймляет его зерна и проникает по трещинкам внутрь их. Иногда в совершенно катаклазированном пирите, разбитом многочисленными трещинками, разорванными и смещенными, халькопирит заполняет и трещинки, и эти ясно выраженные микронарушения. Таким образом, между выделением пирита и халькопирита, по-видимому, происходили какие-то подвижки.

Взаимоотношения халькопирита с самородным золотом, молибденитом и сфалеритом описаны выше.

Энаргит окаймляет и в виде тонких жилок сечет халькопирит. Висмутовые минералы и теннантит дают тесные сроста-

ния с халькопиритом, но, по-видимому, они выделились несколько позже халькопирита.

Минералы зоны цементации — халькозин, борнит, ковеллин — замещают халькопирит, развиваясь в нем по трещинам и чаще по периферии зерен.

В полированных шлифах, взятых из участков окисленных и полуокисленных руд, наблюдается полное или частичное замещение халькопирита лимонитом по густой сети трещинок, с образованием нитевидно-петельчатой текстуры.

Главная масса медных гипергенных минералов месторождения образуется в результате окисления халькопирита.

Пирит. Самый распространенный и повсеместно встречающийся минерал месторождения. Н. А. Фокин отмечает увеличение содержания пирита по направлению на глубину и «по мере удаления от главного надвига». Пирит наблюдается, главным образом, в следующих проявлениях: 1) в виде рассеянной вкрапленности, 2) в чисто пиритовых небольших прожилках, 3) в кварцево-сульфидных жилах, 4) по плоскостям отдельности, 5) в небольших линзочках кварца, совместно с халькопиритом.

Взаимоотношения пирита с молибденитом, сфалеритом и халькопиритом описаны выше. Иногда в пирите видны мельчайшие зерна гематита в виде разрозненных чешуек, их скоплений и выделений неправильной формы. Изредка в сростании с гематитом отмечается магнетит.

В некоторых полированных шлифах полуокисленных и надело окисленных руд видна картина замещения пирита лимонитом, развивающимся в виде тонких нитевидных жилок и в совокупности создающим ячейки и струи. Пирит сохраняется среди лимонита в виде небольших реликтовых участков. Лимонит частью имеет колломорфную структуру. Иногда отмечается очень хорошо выраженный идиоморфизм зерен кварца по отношению к пириту.

Арсенопирит. Обнаружен И. Г. Магакьяном в ничтожном количестве в виде мелких зерен в полях халькопирита.

Висмутовые минералы. Обнаружены нами впервые. Отмечены в нескольких шлифах из образцов штольни 7 и штрека 4 штольни 32.

Выделения двух висмутовых минералов встречены в сплошных участках пирита в ассоциации с халькопиритом. Представлены они небольшими включениями неправильной формы размером до 0,05 мм. Под микроскопом цвет светлый серо-голубой, немного светлее блеклой руды. Оба минерала находятся в тесном срастании, причем один из них игольчатый. Оба минерала сильно анизотропны. Наличие висмутовых минералов в рудах Агарака вполне вероятно, т. к. анализы некоторых технологических проб, произведенных еще И. В. Баркановым, установили в них следы висмута.

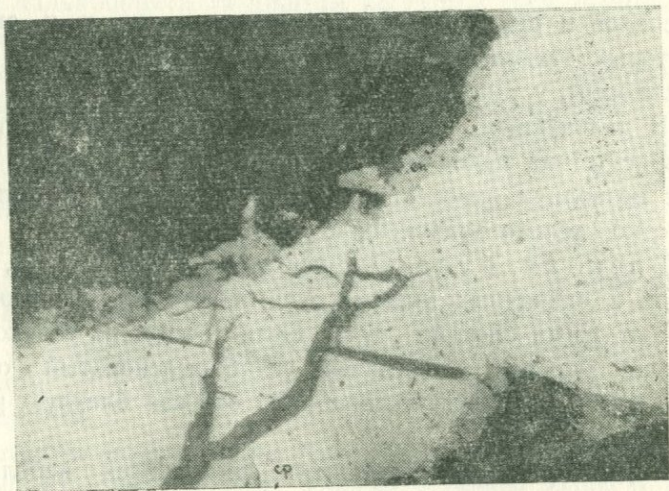
В дальнейшем, исследования Г. О. Пиджяна подтвердили присутствие медно-висмутовых минералов в рудах Агарака и позволили определить их, как виттихенит и эмплектит при относительно подчиненной роли последнего.

Блеклая руда. О присутствии блеклой руды, встреченной в единичных шлифах, упоминают все исследователи Агарака. Нами блеклая руда была встречена только в нескольких шлифах. Отчетливый слабо-зеленоватый оттенок позволяет с известной условностью отнести блеклую руду к теннантиту.

Под микроскопом теннантит представлен небольшими зернами размером не больше сотых долей мм, находящимися всегда в тесной ассоциации с халькопиритом, нередко образуя тонкие каемки вокруг зерен последнего. Иногда теннантит выполняет прожилки в зернах трещиноватого пирита, причем в прожилках отмечается чередование халькопирита и теннантита. По-видимому, по времени образования халькопирит и теннантит очень близки. Микроскопические выделения теннантита отмечены в полях сфалерита и молибденита (50).

Энаргит. Обнаружен впервые автором. И. Г. Магакян склонен энаргит Агарака считать его моноклинной модификацией — люцитом и отмечает, что он присутствует «далеко не повсеместно». Отмечен в ряде полированных шлифов из штолен западного склона Спетринского ущелья. Особенно многочисленные зерна энаргита были встречены в шлифах руд из небольших халькопирит-пирит гематитовых линзочек штольни 7 (Центральный участок). Энаргит наблюдается в виде оторочек вокруг агрегатов зерен халькопирита и в виде секущих его тонких жилок. В оторочках энаргит изредка наблю-

дается в виде призматических зерен (фиг. 36). Иногда энаргит обнаруживается в зернах пирита и очень редко в срастании с зернами гематита. В полированных шлифах цвет минерала светло-розовато-белый. Резко анизотропен. В скрещенных николях ясное изменение тонов от розоватых до зеленоватых. От 20% раствора KCN минерал постепенно темнеет.



Фиг. 36. Обр. 188/46. Штольня 32. Штрек 4.
Оторочки энаргита (en) вокруг выделений халькопирита
(cp). $\times 590$.

Сильные эффекты анизотропии, характер изменения тонов в скрещенных николях, прямое погасание, данные диагностического травления,— все это говорит в пользу отнесения в шлифах розовато-белых зерен к энаргиту.

Гематит. Обнаружен нами в незначительном количестве в ряде полированных шлифов. Н. А. Фокин отмечает присутствие гематита в южной части месторождения в виде коротких линзочек и небольших скоплений. Обычно минерал ассоциируется с замещаемым им магнетитом (мартит). Нередко гематит наблюдается в виде отдельных чешуек, небольших пластинок в жильной массе.

Магнетит. Широкого распространения не имеет. Присутствует главным образом как аксессуарный минерал вмещающих оруденение сиенито-гранитов. Ассоциируется с гема-

титом и, как отмечает И. В. Барканов, с мелколистоватым биотитом. По мнению того же автора, магнетит, по-видимому, образовался до отложения сульфидов. Линзочки и гнезда, встреченные в южной части месторождения (см. описание гематита), состоящие в основном из магнетита с подчиненным количеством гематита, местами раздроблены и обломки сцементированы сульфидами.

б) МИНЕРАЛЫ ЗОНЫ ВТОРИЧНОГО СУЛЬФИДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ

Халькозин. Наиболее часто наблюдаемый минерал участков зоны цементации. Распространен по вертикали отдельными участками. Приурочен большей частью к нарушенным участкам и зонам дробления (шт. 40). Встречен и на поверхности, главным образом, в юго-восточной части ущелья р. Спетри в виде небольших жилок и коротких линзочек.

Обычно замещение борнита и халькопирита халькозином идет по периферии зерен. В единичных шлифах отмечается «залечивание» сильно трещиноватого пирита жилками халькозина. В шлифе 215/46 (юго-восточная часть ущелья р. Спетри, из канавы), халькозин представлен равномернозернистым агрегатом изометрических зерен с торцовой структурой. В шлифе 163/46 (Центральный участок, поверхность, 20 м к югу от шт. 48) из сильно заохренного кварцево-сульфидного прожилка халькозин обнаруживает отчетливую колломорфную структуру. Халькозин прорастает бурым, рельефным минералом (вероятно, из группы окислов железа) и образует с ним концентрически-слоистые агрегаты (фиг. 37). Только в центре одной почки колломорфного халькозина удалось подметить мельчайшее, размером до 0,003 мм, реликтовое зернышко какого-то первичного сульфида.

Ковеллин. Имеет незначительное развитие. Наблюдается в тесной ассоциации с халькозином и борнитом, развивается в них в виде небольших включений и по трещинам. Вместе с халькозином и борнитом ковеллин замещает поля халькопирита.

Борнит. По распространенности сходен с ковеллином. Замещает халькопирит по периферии агрегатов его зерен

иногда развивается и внутри их по трещинкам. Так же, как и халькозин, в более глубоких горизонтах приурочен к тектонически нарушенным участкам.



Фиг. 37. Обр. 163/46. Поверхность. Концентрически-слоистые агрегаты халькозина (сс) и жильного минерала. $\times 240$.

в) МИНЕРАЛЫ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ

Список минералов, установленных в участках зоны окисления Агаракского месторождения

Самородная медь	Cu
Самородная сера	S
Куприт	Cu_2O
Тенорит	CuO
Мелаконит	CuO
Делафоссит	$\text{Cu}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
„Лимониты“*	$\left\{ \begin{array}{l} \text{стильпносидерит} \\ \text{гётит} \\ \text{гидрогётит} \end{array} \right.$ $(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Гидрогематит	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot (0-1)\text{H}_2\text{O}$
Псиломелан	$m\text{RO} \cdot n\text{MnO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O}$
*Лампадит	псиломелан (вад) богатый Cu
*Медно-марганцовая смоляная руда	$m\text{CuO} \cdot n\text{MnO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O}$

Кальцит	$\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$
* Анкерит	$2\text{CaCO}_3 \cdot \text{MCO}_3 \cdot \text{FeCO}_3$
Смитсонит (??)	$\text{ZnO} \cdot \text{CO}_2$
Малахит	$2\text{CuO} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Азурит	$3\text{CuO} \cdot 2\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
* Галлуазит	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot (2+n)\text{H}_2\text{O}$
Хризокolla	$m\text{CuO} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O}$
Брошантит	$4\text{CuO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Гипс	$\text{CaO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Мелантерит	$\text{FeO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Халькантит	$\text{CuO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
* Минерал из группы „блѣдита“ (астраханита)	$2\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{MgO} \cdot 5\text{SO}_3 \cdot 20\text{H}_2\text{O}$
Ярозит	$(\text{Na}, \text{K})_2\text{O} \cdot 3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Повеллит	$\text{CaO} \cdot \text{MnCO}_3$
Ферримолибдит	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{MoO}_3 \cdot 7,5\text{H}_2\text{O}$

Самородная медь. Чрезвычайно редко встречающийся минерал месторождения. Обнаружен в единичных пунктах поверхности. Наиболее интенсивные скопления дендритов самородной меди были встречены в правом борту ущелья р. Ай-Дараси у штольни 31.

А. В. Кржечковский указывает на присутствие дендритов самородной меди в устьевых частях некоторых штолен: 20 (Северный участок) и 26 (левый берег ущелья р. Ай-Дараси).

По мнению А. В. Кржечковского, отложения этих дендритов объясняются восстановлением меди из растворов продуктами гниения корней растений.

Встреченные автором скопления самородной меди вблизи устья штольни 31 представлены ветвящимися, сплюснутыми тонкими дендритами (фиг. 38). Выделения дендритов самородной меди приурочены к тонким трещинкам по плоскостям отдельности в гидротермально измененных сиенито-гранитах. Толщина дендритов колеблется в пределах от 1 до 4 мм.

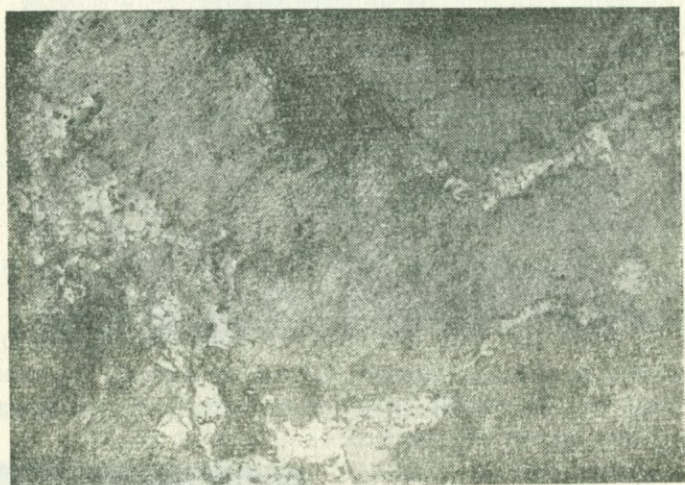


Фиг. 38. Обр. 101/46. У штольни 31. Дендриты самородной меди. Натуральная величина.

* Минералы, установленные впервые в месторождении автором.

Под микроскопом около дендритов самородной меди наблюдаются оторочки куприта (фиг. 39), в котором участками сохраняется и халькозин, замещаемый ковеллином.

Самородная сера (?). И. В. Барканов указывает на присутствие в Агараке в поверхностных условиях желтых налетов, принадлежащих ярозиту и «отчасти самородной сере». В просмотренных нами различных желтых образованиях самородной серы обнаружить не удалось.



Фиг. 39. Обр. 103/46. У штольни 31. Самородная медь (Cu) с оторочками куприта (Cu₂S).

Куприт. Имеет ограниченное распространение. Обнаруживает парагенетическую связь с самородной медью, халькозином и карбонатами меди (см. описание самородной меди).

Под микроскопом в шлифах руд из участков скопления самородной меди, куприт тесно ассоциируется с халькозином; в данном случае его образование можно связывать с окислением этого вторичного сульфида.

В единичных образцах из обнажений в ущелье р. Ай-Дараси макроскопически нами наблюдались небольшие, кроваво-красные скопления куприта величиной 0,5—0,7 мм. Приурочены они к сильно заохренным участкам сиенито-гранитов, разбитых трещинами. Сиенито-граниты по трещинам «сцемен-

тированы» жилками ясно кристаллического азурита. Скопления куприта приурочены к телу сиенито-гранитов и наблюдаются вне трещинок, выполненных азуритом.

Под бинокулярной лупой среди скоплений куприта, имеющего землистое сложение, заметны кристаллы в форме октаэдров. Блеск такого куприта в изломе алмазный. Цвет красный. Размеры кристаллов куприта не превышают долей миллиметра. Иногда на куприте с землистым сложением наблюдаются тонкие налеты и корочки малахита и реже азурита. По-видимому, здесь имеет место образование куприта путем непосредственного выпадения его из растворов с последующим развитием по нему карбонатов меди.

О единичных находках кристаллов куприта в устье шт. 20 (Северный участок) упоминает и А. В. Кржечковский.

Тенорит и мелаконит. О тенорите и мелаконите в цементе из черной брекчии предположительно упоминает И. В. Барканов. Данное предположение им обосновывается повышенным содержанием меди в черной брекчии.

В просмотренных шлифах и в образцах из черной брекчии оба эти минерала нами не определены. К сожалению, никаких точных анализов, за исключением определения присутствующего здесь псиломелана, нам выполнить не пришлось. Но, во всяком случае ни макроскопически, ни микроскопически такую, вообще говоря, редко встречающуюся кристаллическую разность окисла меди — как тенорит, мы не наблюдали. Концентрация же меди в черной брекчии скорее всего связана с медно-марганцовыми более сложными смесями и соединениями.

Делафоссит. Обнаруживается чрезвычайно редко. Развивается в виде тончайших прожилков и отдельных выделений. Нередко имеет колломорфное строение, но чаще зерна минерала — таблитчатого габитуса. Нами минерал не встречен.

Лимониты. Все исследователи Агарака отмечают незначительное распространение в месторождении лимонита. При просмотре поверхности всех участков нам удалось собрать довольно интересный материал, характеризующий группу окислов и гидроокислов железа вместе с различными примесями, возникающими при процессах изменения сульфидов и

других минералов, несущих железо. Однако, что очень интересно, больших скоплений лимонитовых образований мы нигде не наблюдали, в то же время на поверхности и в ряде выработок они распространены широко и имеют различные формы проявления.

Аналогично каджаранским лимонитовым образованиям, все лимониты Агарака мы разделяем на два типа: лимониты отложения, т. е. перенесенные и отложенные вдали от места своего образования, и лимониты замещения, образовавшиеся и отложившиеся тут же на месте. Первый тип лимонитовых образований для Агарака является преобладающим. Сюда относятся окрашивающие, пленочные, сталактитовые и охристые лимониты. К лимонитам замещения принадлежат грубо- и тонко-сетчатые, вкрапленные и псевдоморфные.

Наиболее широко распространены пленочные лимониты и отчасти смоляная разность — стильпносидерит. Охристые лимониты в основном желтые, очень редко с красноватым оттенком. Обычно пленочный и корковый лимониты образуют тонкие выделения, покрывающие плоскости трещин и стенки пустот. Довольно часто встречающаяся разность — стильпносидерит (главным образом в ущ. р. Ай-Дараси) представлена в виде тонких корок, имеющих бугорчатую поверхность мощностью от 0,5 до 3 мм. Окрашен в черный цвет с коричневым, реже с красноватым оттенком. Излом плоско-раковистый. Хрупкий. На поверхности корок иногда наблюдаются трещинки дегидратации. Блеск смолистый.

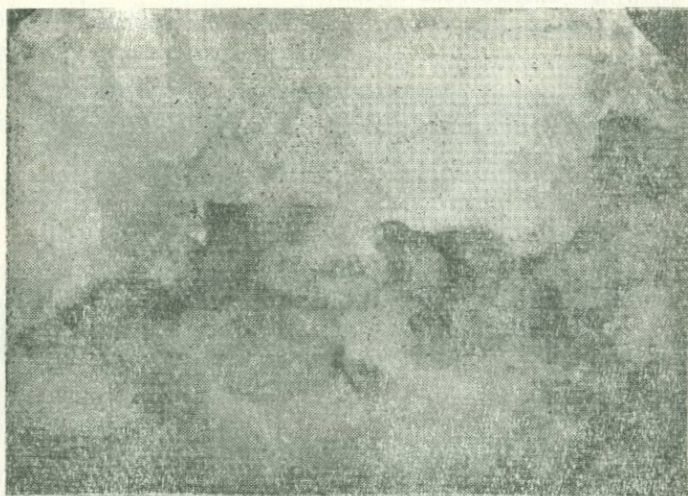
Результат спектрального анализа чистой разности стильпносидерита с красноватым оттенком приведен в табл. 13.

Таблица 13

№ обр.	Наименование	Интенсивность линий	Элементы
169/46	Стильпносидерит	сильные средние слабые о. слабые следы ничт. следы	Fe Cu, Mo, Si Al K, Ca, Mg Ag, Co Be

Из примесей обращают на себя внимание следы Ag и Co.

Данные спектрального анализа свидетельствуют о присутствии в лимоните Mo. По-видимому, аналогично каджаранским лимонитам и лимонитовые образования Агарака являются «молибденосодержащими» (см. описание лимонитов Каджарана).

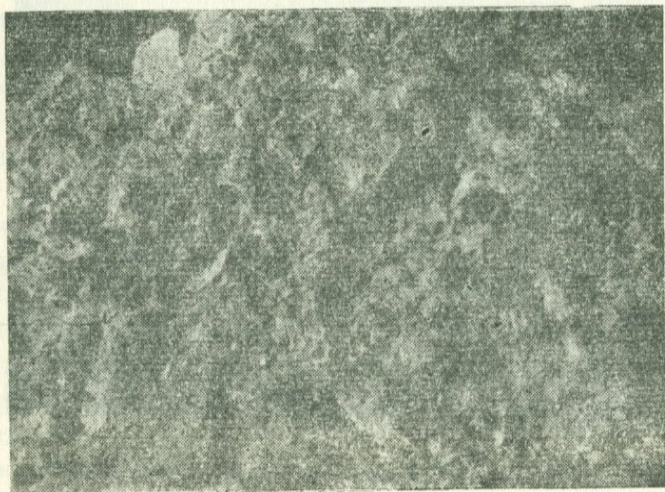


Фиг. 40. Точечные выделения стильпносидерита на щетках кальцита в трещинках кварцевой жилы. $\times 6$.

В ряде мест поверхности были встречены лимонитовые образования, форма проявления которых свидетельствует об их отложении в тектонических трещинах или в зонах разломов и смятия. Например, очень интересный лимонит такого типа был встречен в устье штольни 37 (Северный участок). Отложение этого лимонита связано с циркуляцией растворов в тектонической трещине, по-видимому, минерализованной пиритом. Мощность нацело лимонитизированного «прожилка» 2 см. Сложен он смоляной разностью, которая местами переходит в желтую охру. Изредка видны небольшие налеты ярозита, образовавшегося позже лимонита. Поверхность лимонитовой корки иногда имеет почкообразное сложение (фиг. 41).

В некоторых выработках лимонит наблюдается в форме сталактитов (шт. 7), отложенных из циркулирующих руднич-

ных вод. Лимонит в псевдоморфозах по пириту наблюдается редко и для месторождения не характерен. Так же редки и грубосетчатые лимониты. Обычно под микроскопом улавливается тонко-ячеистое сложение некоторых нацело лимонитизированных участков. Иногда среди ячеек сохраняются реликтовые остатки сульфидов (фиг. 44, 45). В нацело лимонитизированных кварц-пиритовых прожилках очень часто развивается ярозит (фиг. 55).



Фиг. 41. Обр. 133/46. Устье штольни 37. Почкообразная поверхность лимонитовой корки. $\times 4$.

Микроскопический просмотр целого ряда шлифов свидетельствует о присутствии в рудной массе Агарака гётита, гидрогётита и, возможно, гидрогематита, но все они связаны взаимопереходами и выделение их в самостоятельные разности не представляется возможным. К сожалению, ввиду микроскопического размера их выделений, мы были совершенно лишены возможности отобрать соответствующие навески для точных диагностических анализов и характеристики каждого члена этой группы.

П с и л о м е л а н. Приурочен к участкам распространения черной брекчии. Обломки брекчии сцементированы черными корками и сплошными скоплениями псиломелана. Корки име-

ют слегка колломорфное строение, поверхность их иногда почковидная. Толщина корок не превышает долей мм. От прикосновения иглы минерал легко разрушается. Хрупкий. Цвет черты буровато-черный. Реакция Фаддеева четкая, характерная для псиломелана. В отраженном свете обнаруживает ясное колломорфное строение. В проходящем свете изредка в цементе черной брекчии наблюдаются участки, состоящие не из чисто марганцовистого вещества, а скорее из глинистого материала, интенсивно пропитанного гидроокислами марганца. Иногда на псиломелановых корках развивается тонкокристаллический азурит и чаще малахит. В пустотках и в небольших полостях среди цементирующей марганцовистой массы наблюдаются корочки светло-желтого плотного ярозита.



Фиг. 42. Обр. 133/46. Устье штольни 37. Колломорфный лимонит. $\times 90$.

Л а м п а д и т (медистый вад). Обнаружен впервые. Отмечен в приповерхностных условиях в ряде мест всех участков месторождения, но в наибольшем количестве лампадит встречается в ущелье р. Ай-Дараси, в районе штолен 31 и 32. В небольшом количестве этот минерал наблюдается и в выработках, в устьевых их частях.

Лампадит наблюдается в виде налетов, корочек и небольших выделений во вмещающих сиенито-гранитах. В поперечном сечении корки имеют тонкополосчатое строение. Поверхность корок слабо бугорчатая. Излом скорлуповатый. Порошок минерала с бурой дает перл на марганец. Качественные реакции ряда образцов на медь — положительные. Для образца 99/46 (взят у шт. 31 уч. р. Ай-Дараси) и обр. 151/46 (Северный участок) были произведены качественные определения кобальта, показавшие четкую положительную реакцию. Для обр. 99/46 было произведено и количественное определение содержания кобальта и меди в лампадите. Результаты анализа (аналитик М. М. Стукалова, ВСЕГЕИ, Ленинград) показывают довольно высокое содержание кобальта — 1,9 и меди — 11,9%.



Фиг. 43. Обр. 167/46. Ущелье р. Спетри.
Нитевидно-петельчатая структура замещения лимонитом
(lm) халькопирита (cp). $\times 46$.

Данные спектрального анализа лампадита приведены в табл. 14.

И. В. Баркановым приведены результаты анализов технологических проб, произведенных ЦАЛ, установившей в них 0,01% CoO .

№ обр.	Наимено- вание	Интенсив- ность линий	Элементы
98/46	Лампадит	сильные в. сильные средние слабые оч. слабые следы	Mn, Fe Si Cu, Co, Mo, Al, Mg Ca Be, Na, Ti Zn, V, Ni, Ba
99/46	Лампадит	сильные средние слабые оч. слабые следы	Mn Cu, Co, Al, Mg, Fe Mo, Ca Be Ni, Na, Ba, Ti, Ca

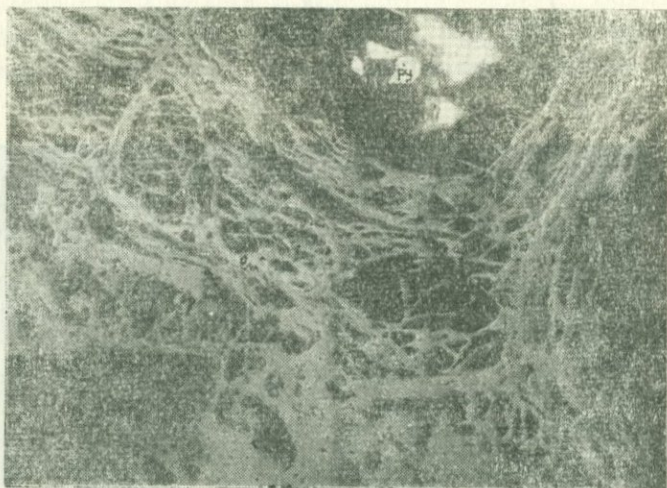


Фиг. 44. Ячеистая текстура лимонита (lm), образовавшегося за счет халькопирита (cp). $\times 90$.

Известно, что гели гидроокислов марганца способны абсорбировать кобальт. С. С. Смирнов (61) считает, что иногда, даже при совсем небольших содержаниях кобальта в сульфидных рудах некоторых месторождений свинца, цинка и меди в зоне окисления встречаются богатые кобальтом скопления марганцовистых образований. Аналогичные явления им

наблюдались в некоторых месторождениях Восточного Забайкалья.

Таким образом, концентрация кобальта в лампадите Агарака вполне объяснима и заслуживает известного внимания. Очевидно, сульфидные медно-молибденовые руды Агарака либо содержат первичные минералы кобальта, которые пока еще никем не обнаружены, либо кобальт входит в виде примеси в пирит и халькопирит. И действительно, спектроскопическое изучение халькопирита и пирита позволило установить в них кобальт в количестве 0,01%.

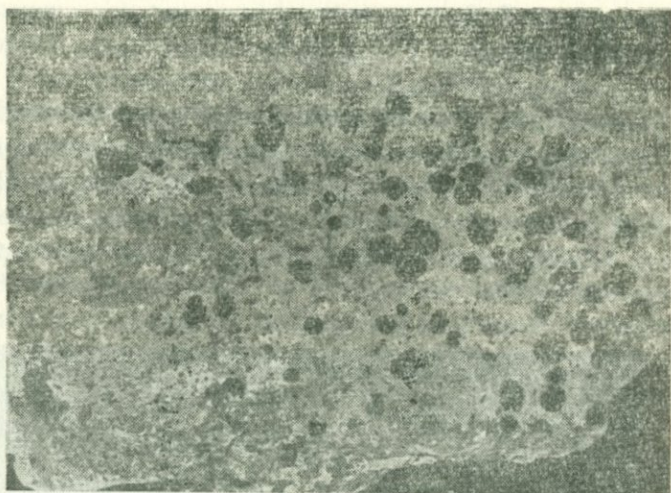


Фиг. 45. Ячеистая текстура лимонита (lm), образовавшегося по пириту (py). $\times 76$.

Небезынтересно, что и в лампадите Каджарана, согласно данным спектрального анализа отмечены также средние линии кобальта (табл. 48), причем последний был установлен и в чистых фракциях пирита и халькопирита из того же месторождения. Возможно, часть Co связана с сульфидными минералами кобальта*.

* Как указывалось выше, в самое последнее время, при просмотре ряда шлифов из каджаранских руд, в сплошных полях пирита были обнаружены микроскопические выделения двух гипогенных минералов, по всем данным, очень похожих на линнеит— Co_3S_4 и зигенит— $(\text{Co}, \text{Ni})_2\text{S}_4$.

Медно-марганцовая смоляная руда. Имеет небольшое распространение. Встречена в штуфах из отвалов старых выработок Южного участка и в юго-восточной части ущелья р. Спетри. Обнаруживается в виде корок с бугорчатой поверхностью, но главным образом, в виде оспенных выделений в ассоциации с малахитом (фиг. 46).



Фиг. 46. Обр. 130/46. Южный участок. Оспенные выделения медно-марганцовой смоляной руды на корочке малахита. $\times 2$.

Обычно оспенные выделения «сидят» на малахитовых корочках. Толщина выделений не превышает 0,2 мм. Цвет черный. Блеск смолистый. Реакция на медь четкая. Изредка медно-марганцовая смоляная руда наблюдается и среди вмещающей породы.

Спектральный анализ медно-марганцовой руды, произведенный из чрезвычайно малой навески, дал следующие результаты: Cu, Mn — слабые линии, Si — очень слабые линии, Al, Mg, Fe — следы линий.

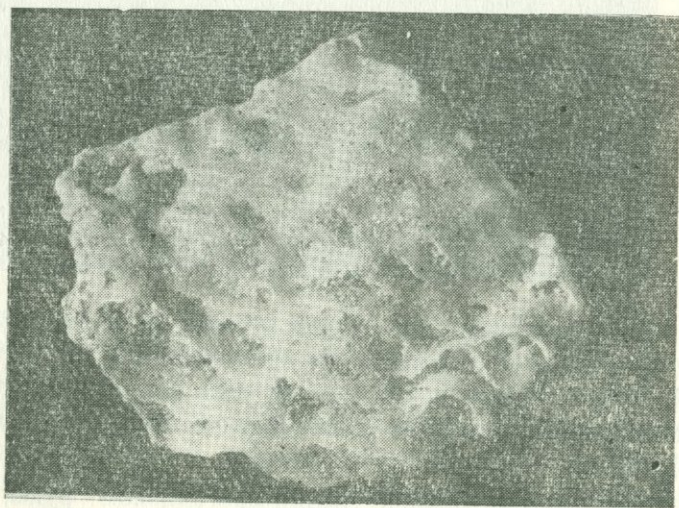
Недостаток материала, к сожалению, ограничивает более подробное изучение медно-марганцовой смоляной руды, состав которой вообще отличается разнообразием сочетания

смесей водных окислов железа, меди, марганца, силикатов меди и кремнезема.

Кальцит. Встречен в отвалах и разведочных выработках штолен Центрального и Северного участков. Развиг в небольших количествах, главным образом, по трещинкам и пустотам, образуя щетки и друзы на лимонитизированном материале. Сложение большей частью ясно кристаллическое.

Часть гипергенного кальцита представлена современными новообразованиями в разведочных выработках. Таков, например, новообразованный кальцит из штольни 31.

Вблизи устья штольни наблюдаются натеки беловатого кальцита, образующегося из просачивающейся здесь воды. На фиг. 47 показан характер подобных образований. Цвет их белый, местами слегка желтоватый, вероятно от примеси железа. В HCl вскипает бурно. Реакция Мейгена на арагонит отрицательная.



Фиг. 47. Обр. 141/46. Штольня 31. Гипергенный натечный кальцит. Натуральная величина.

Под микроскопом одноосный, отрицательный.

Показатели преломления, измеренные по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_m = 1,647 - 1,650$ (реже) и $N_p = 1,488$.

В табл. 15 приведены результаты спектроскопического анализа чистой белой разности кальцита.

Таблица 15

№ обр.	Наименование	Интенсивность линий	Элементы
141	Кальцит	сильные средние слабые оч. слабые следы	Ca Mn Sr, Fe Be, Cu, Na Ti

Обращают на себя внимание линии Sr, Be, Mn.

Чрезвычайно интересные карбонатные отложения были нами обнаружены по течению Ай-Дараси в 100 м ниже от места контакта сиенитов с гранодиоритами. В отчетах предыдущих исследователей подобные образования никем не отмечались. В сиенито-гранитах, по плоскостям заохренных трещин отдельности очень часто наблюдаются белые карбонатные корки с почкообразным сложением. Часто сплошные корки покрывают плоскости отдельности на довольно значительных участках, до 1,5 кв. м.

Мощность корок колеблется от 2 мм до 2,5 см. Корки имеют концентрическое и слоистое строение.

Под микроскопом минерал бесцветен, в скрещенных николях обладает высоким двупреломлением. Иногда намечается скаленоэдрический тип монокристалльных зерен. Показатели преломления, измеренные по сравнению с иммерсионными жидкостями: $N_m = 1,488$ и $N_g = 1,659—1,658$. Очевидно, минерал является кальцитом. Форма выделения кальцитовых корок, концентрически-натечное сложение, распространенность на довольно большой площади дает возможность предположить о выделении кальцита из поверхностных вод.

Анкерит. Обнаружен впервые. В штольнях 7 и 5, на расстоянии до 50 м от устья очень часто вдоль многочисленных заохренных трещин отдельности наблюдаются мельчайшие щетки и друзы кристаллов анкерита. Кристаллы частью имеют вид скаленоэдров, реже — ромбоэдров. Цвет медово-желтый. Блеск стеклянный. Очень часто отдельные кристаллики покрыты черным железистым материалом. В HCl вскипает с подогревом. Под микроскопом одноосный, отрицатель-

ный. Двупреломление сравнительно высокое. Показатели преломления, измеренные по сравнению с иммерсионными жидкостями: $N_m = 1,736-1,731$ и $N_p = 1,60$.

Спектральный анализ чистой разности минерала приведен в табл. 16.

Т а б л и ц а 16

№ обр.	Наименование	Интенсивность линий	Элементы
246/46	Анкерит	оч. сильные сильные в. средних средние слабые оч. слабые следы	Mg Fe Ca Al, Mn Be, Cu, Zn, V, Si Co, Ni Pb

Химический анализ минерала не произведен, но показатели преломления и данные спектрального анализа позволяют считать его анкеритом. На щетках и отдельных кристаллах анкерита развиваются мельчайшие разрозненные выделения малахита и реже азурита (фиг. 48).



Фиг. 48. Обр. 246/46. Штольня 5. Развитие мельчайших почек малахита на друзах скаленоэдрического анкерита. $\times 10$.

Смитсонит. Нами не обнаружен. И. В. Барканов указывает на наличие в штольне 24 смитсонита, цементирующего раздробленную породу и руду, частью со щетками мелких кристаллов в пустотах.

В Центральном геологическом музее (ВСЕГЕИ, Ленинград), в отделе полезных ископаемых имеется витрина образцов коллекции геолога А. В. Кржечковского, собранных им в

Агараке, в 1932 году. Среди других образцов выставлено два небольших образца с этикетками «Смитсонит. Агарак».

С любезного разрешения дирекции музея, образцы нами были просмотрены под биноклем, а отбитые небольшие кусочки минерала подвергнуты оптическому и химико-спектроскопическому исследованию. Ниже приводим описание этих образцов.

Первый образец представлен сильно гидротермально измененной породой с гроздиевидной корочкой карбоната. Толщина корочки 4 мм. Окраска — от бесцветной до зеленовато-белой.

Во втором образце имеется сплошная корка того же карбоната. Корка имеет почковидную поверхность. Под биноклем на поверхности гроздиевидной корки видны вершинки кристалликов ромбоэдрического габитуса. В разрезе каждая почка имеет радиально-лучистое строение.

Под микроскопом в скрещенных николях наблюдаются яркие типичные карбонатные цвета интерференции. Показатель преломления, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_m = 1,681$.

Спектральным анализом* в чистой разности минерала обнаружено очень много Mg и Ca; $\sim 0,1\%$ Na; $0, X\%$ Fe; $\sim 0,01\%$ Si; $0,0 X\%$ Al, Mn, Cu, Sr; $\sim 0,001\%$ Co, Sn; неzn. следы (Ti, Mo, Be, Pb).

Приведенные данные свидетельствуют, что выставленные в Центральном геологическом музее образцы «смйтсонита», по-видимому, являются доломитом, в связи с чем указание о наличии смйтсонита на месторождении следует подвергнуть сомнению.

Малахит. Наиболее широко распространенный минерал всех участков зоны окисления. Встречается повсеместно — на поверхности, в выработках и в отвалах старых штолен всех участков месторождения.

Форма выделения малахита весьма различна: налеты в трещинах отдельности, прожилки и выполнения пустоток во вмещающих породах. В виде землистых масс малахит проникает в измененные породы и, наконец, иногда цементирует участки наносных образований, развитых в руслах рек. Наи-

* Анализ произведен М. М. Клером (ВСЕГЕИ, Ленинград).

более широко распространена колломорфная разность малахита, однако встречаются участки с развитием малахита в виде лучистых агрегатов игольчатых кристаллов.

Очень часто по трещинам отдельности наблюдаются налеты малахита, в которых под бинокулярной лупой обнаруживаются мельчайшие разрозненные округлые почти с радиально-лучистым строением. Часто с малахитом тесно ассоциируется азурит, развивающийся обычно позже малахита.

На фиг. 49 можно видеть взаимоотношения малахита и черного смоляного лимонита — стильносидерита.



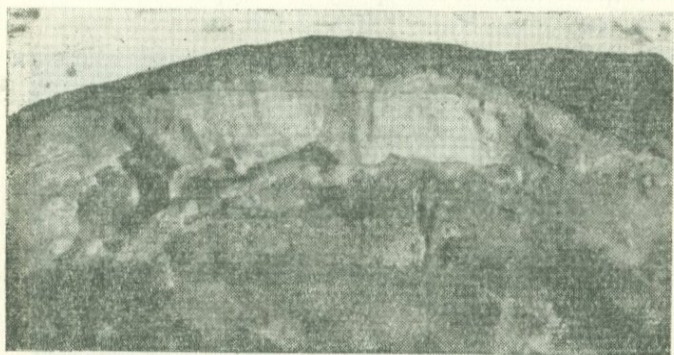
Фиг. 49. Малахит на корочке стильносидерита. $\times 6$.

Фиг. 50 иллюстрирует выделение более позднего стильносидерита на корочке колломорфного малахита. На фиг. 49 наблюдается обратная картина — малахит развивается позже черного стильносидерита.

Интересно отметить, что оба образца были взяты в отвалах одной и той же старой штольни 14 (Северный участок).

Азури т. По распространению уступает малахиту, но проявляется более или менее на всех участках месторождения. Наблюдается в виде землистых масс по трещинам отдельности в тесной ассоциации с малахитом и смоляной разностью лимонита и в виде небольших примазок в основной породе. Очень часто на корочках колломорфного малахита развиваются отдельные разрозненные почки азурита. Иногда отмечается явное, тонкое переслаивание малахита с азуритом и

совсем редко малахит выделяется позже азурита. В нескольких пунктах поверхности встречены щетки кристаллического азурита в парагенезисе с медно-марганцовыми минералами. Фиг. 51 дает представление о характере прекрасно образованных кристаллов азурита, развитых на лампадитовой корочке.



Фиг. 50. Стильпносидерит на колломорфном малахите. $\times 6$.



Фиг. 51. Щетки кристаллического азурита. $\times 9$.

Г а л л у а з и т. Обнаружен впервые. Встречен в ряде мест ущелья р. Ай-Дараси и на Южном участке месторождения. Наблюдается в виде тонких корочек, развитых на лимонитизированном материале по плоскостям трещин отдельности

измененных вмещающих пород. Обычно толщина корочек не превышает 1 мм. Цвет белый, иногда желтоватый. Блеск восковой. Сложение плотное. На поверхности корочек обычны трещинки дегидратации.

Под микроскопом в скрещенных николях изотропен. Показатель преломления, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями, $n_p = 1,460—1,456$.

Результаты спектрального анализа чистой разности галлуазита приведены в табл. 17.

Т а б л и ц а 17

№ обр.	Наименование	Интенсивность линий	Элементы
226/46	Галлуазит	в. средних средние слабые оч. слабые следы	Si Al, Fe Ca Mg Cu, Mo, Mn

По-видимому, образование галлуазита связано с процессами выветривания алюмосиликатов.

Хризоколла. Нами не установлена. И. В. Барканов упоминает о наличии незначительного количества хризоколлы среди прочих гипергенных минералов месторождения.

Брошантит. М. П. Исаенко брошантит обнаружен в единичных образцах из старой выработки ущелья р. Ай-Дараси. Форма проявления: тончайшие корочки с колломорфным строением.

Гипс. Обычный минерал месторождения главным образом встречается в его приповерхностных частях в ассоциации с карбонатами меди и другими гипергенными минералами.

Окраска непостоянна, зависит от загрязнения гидроокислами железа или другими примесями. Наиболее обычны белый, иногда желтоватый, слабо розоватый или серый гипс. Наблюдается в виде тонких пластинок по плоскостям трещин отдельности или в виде сростков и небольших друз, выстилающих пустотки в гидротермально сильно измененных вмещающих породах, а также в виде отдельных удлиненных кристаллов, размером до 3 см. Фиг. 52 иллюстрирует выделение кристаллических белых зерен гипса на почкообразных корочках малахита.

В углистой осадочной толще наблюдались выдержанные прожилки гипса, причем волокна последнего почти перпендикулярны к слоистости пород.

Мелантерит. И. В. Барканов упоминает о наличии незначительного количества мелантерита в устьевых частях разведочных штолен Агарака.

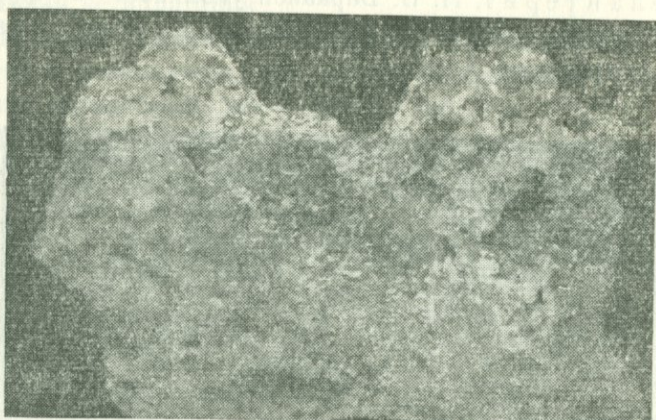


Фиг. 52. Кристаллические зерна белого гипса на почкообразной корочке малахита. $\times 2$.

Халькантит. Часто встречающийся гипергенный минерал месторождения. В основном отмечен в устьях почти всех старых выработок и изредка в новых штольнях, вблизи русла рек и на штуфах отвалов. Обычно образует тонкие корочки и реже сплошные скопления на всех вмещающих измененных породах. Окраска синевато-голубоватая, иногда с зеленоватым оттенком. Блеск стеклянный. Поверхность сплошных скоплений халькантита неровная, слабо бугорчатая (фиг. 53). Иногда на поверхности минерала заметны трещинки усыхания. Корки обнаруживают признаки тонкослоистого строения. Очень часто на голубоватом полупрозрачном халькантите наблюдаются выцветы и небольшие участки рыхлых, беловато-желтых масс, по-видимому образовавшихся в результате дегидратации халькантита.

Показатели преломления, измеренные по сравнению с иммерсионными жидкостями,

$$N_p = 1,520; N_m \geq 1,538 \text{ и } N_g \approx 1,544. 2V = 54^\circ.$$



Фиг. 53. Характер сплошного агрегата зерен халькантита. $\times 2$.

Химический анализ чистой разности минерала приведен в нижеследующей табл. 18 (аналитик М. М. Стукалова, ВСЕГЕИ, Ленинград).

Таблица 18

№ обр.	Компоненты	Данные анализа	Молекулярные количества	Отношение молекулярных количеств
113/46	SO ₃	29,93	0,37	1
	CuO	26,28	0,39	1
	R ₂ O ₃	0 20		
	CaO	0,8	0,02	
	MgO	нет		
	H ₂ O	33,32	1,85	5,00
	Нераств. остаток*	6,55		
		97,08		

Данные химического анализа укладываются в формулу $\text{CuO} \cdot \text{SO}_3 5\text{H}_2\text{O}$, что соответствует халькантиту.

Минерал из группы блёдита (астраханит). Обнаружен впервые. Встречен в устье старой выработки, расположенной почти напротив динамитного склада на северном склоне ущ. р. Ай-Дараси.

* Щелочи не определялись, но М. М. Стукалова отмечает их наличие.

Склон в данном месте очень крутой, солнца здесь почти не бывает. Выработка почти вся завалена, доступен лишь район устья на расстоянии 3 м. Выработка сухая.

В левом борту заметна зияющая трещина, на стенках которой видны обильные скопления белого минерала; тонкие налеты последнего наблюдаются также на всех стенках и на кровле. Аналогичные налеты наблюдались еще в ряде устьев старых выработок, но детальному изучению был подвергнут образец 108/46, взятый из выработки ущ. р. Ай-Дараси. Окраска минерала белая и изредка желтоватая, по-видимому от загрязнения гидроокислами железа. Сложение рыхлое. В воде растворяется почти без остатка. В HCl растворяется. Вкус кислый, неприятный. Под микроскопом бесцветный. Двуосный, отрицательный. Показатели преломления, измеренные по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_g = 1,464-1,460$, $N_m = 1,460-1,456$ $N_p = 1,449$.

Данные спектрального анализа чистой разности минерала приведены в табл. 19.

Таблица 19

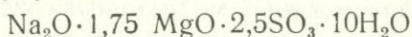
№ обр.	Наименование	Интенсивность линий	Элементы
108/46	Блётит	оч. сильные средние слабые оч. слабые незн. следы	Na, Mg Si Cu, Mo, Ca Al, Mn Ti

В нижеследующей табл. 20 приведены данные химического анализа чистого минерала (аналитик М. М. Стукалова, ВСЕГЕИ, Ленинград).

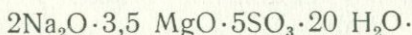
Таблица 20

№ обр.	Компоненты	Данные анализа в %	Молекулярные количества	Отношение молекулярных количеств
108/46	SO ₃	37,60	470	2,54
	MgO	12,50	313	1,75
	Na ₂ O	11,03	178	1
	H ₂ O	32,01	1777	9,98
	Fe ₂ O ₃	2,12	013	
	CaO	0,30	006	
	K ₂ O	0,53	006	
	Нераств. остаток	4,01		
		100,10		

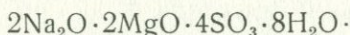
Полученные результаты могут быть уложены в следующую формулу:



или



Минерал с таким составом относится к группе гидросульфатов щелочей и магния и стоит ближе всего к блёдиту, теоретическая формула которого:



Из сульфатов Na и Mg известен еще левеит ($2\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{MgO} \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), но он характеризуется еще меньшим содержанием H_2O , кроме того, он значительно отличается от нашего минерала оптическими свойствами.

По сравнению с теоретическим составом исследованный нами минерал содержит избыток H_2O и несколько повышенное количество MgO .

Обнаружение этого минерала вызывает чрезвычайный минералогический интерес, т. к. наличие блёдита (астрахани-та) обычно приурочивается исключительно к соляным озерам отложениям. В наших условиях он является индикатором той специфической обстановки (крутые склоны, быстрый сток воды и т. д.), в условиях которой только и мог отложиться этот легко растворимый минерал.

Интересно отметить, что в существующей литературе совершенно нет упоминания о присутствии водных сульфатов натрия и магния в зоне окисления рудных месторождений как зарубежных, так и Союза. Поэтому при дальнейшем изучении гипергенных образований Агарака, следует еще более тщательно подбирать все данные, характеризующие как условия образования, так и распространенность этого минерала.

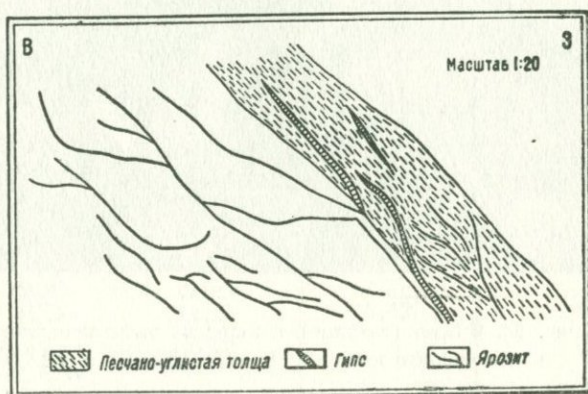
Я р о з и т. Обычный минерал месторождения. Распространен повсеместно, на всех участках месторождения, но встречается в небольших количествах.

Форма выделения ярозита весьма разнообразна: он наблюдается в виде корок на плоскостях трещин отдельности, в виде выполнений пустот выщелачивания в кварцевых и кварц-сульфидных жилах (фиг. 55), в виде мономинеральных про-

жилков (фиг. 56) и, наконец, в виде рыхлой разности в сыпучих разрушенных сиенито-гранитах.

Окраска непостоянная — от светло-желтой до буровой, в зависимости от примеси свободных окислов железа. В поверхностных участках наблюдается как совершенно желтый, неизменный ярозит, так и ярозит, обнаруживающий переходы к красноватому гидрогематиту.

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЯРОЗИТОВЫХ ПРОЖИЛКОВ



Зарисовка стенки канавы участка выхода песчано-углистой осадочной толщи к СВ от шт. № 32

Фиг. 54.

Скопление ярозитовых прожилков отмечено в участках развития песчано-углистой осадочной толщи, обнажающейся к СВ от штольни 32. Здесь, вдоль стенки канавы, на расстоянии более 1 м наблюдается густая сеть ярозитовых прожилков (фиг. 54), расположенных как в сильно измененных вмещающих породах, так и между отдельными прослойками в самой углистой толще. Но в последней ярозитовые прожилки развиты значительно слабее. По-видимому, концентрацию ярозита надо связывать скорее всего с миграцией железа из оруденелых участков или с повышенной пиритизацией пород углистой толщи. Приуроченность ярозитовых прожилков к лежащему боку углистой толщи является до некоторой степени подтверждением этого предположения.

Ярозит Агарака представлен исключительно плотными или рыхлыми скрытокристаллическими массами. Яснокри-



Фиг. 55. Ярозит (светлое) в полостях выщелачивания
в измененном кварц-пиритовом прожилке. $\times 2$.



Фиг. 56. Ярозитовые прожилки в лимонитизированной
породе. $\times 2$.

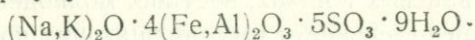
сталическая разность нигде не наблюдалась. Показатель преломления желтого неизмененного ярозита, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями, равен 1,72. Качественная реакция целого ряда опробованных образцов на сульфатную серу положительная.

Химический анализ минерала из прожилков, развитых в песчано-углистой толще, представлен в табл. 21 (аналитик М. М. Стукалова, ВСЕГЕИ, Ленинград).

Таблица 21

№ обр.	Компоненты	Данные анализа в %	Молекулярные количества	Отношение молекулярных количеств
223/46	Fe ₂ O ₃	39,88	0,25	3,86 1
	Al ₂ O ₃	1,60	0,02	
	K ₂ O	0,90	0,01	
	Na ₂ O	3,72	0,06	
	MnO	нет		4,71
	P ₂ O ₅	0,20		
	SO ₃	26,17	0,33	
	CaO	нет		
	MgO	следы		8,85
	H ₂ O	11,21	0,62	
	Нераств. остаток	16,72		

Полученные результаты могут быть уложены в следующую формулу*:



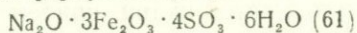
Минерал с таким составом может быть несколько условно (ввиду несколько повышенных содержаний компонентов Fe₂O₃, SO₃ и H₂O) отнесен к натроярозиту.

Спектральный анализ трех образцов ярозита приведен в табл. 22.

Из примесей обращает на себя внимание присутствие V, Sr, Ti.

Повеллит М. П. Исаенко отмечает развитие повеллита по чешуйкам молибденита в двух полированных шлифах образцов, взятых в отвале шт. 31 и на выходах Центрального участка.

* Теоретическая формула натроярозита:



№ обр.	Наименование	Интенсивность линий	Элементы
165/46	Чистый ярозит	в. средних средние слабые следы	Fe Si, Al Cu, Ca, Mg Mo, V, Ba, Mn, Ti
168/46	Ярозит, слегка лимонитизированный	в. средних средние слабые оч. слабые следы	Fe Cu Mo, K, Si Na, Ca, Mn, Al Mg
223/46	Ярозит	сильные в. средних слабые оч. слабые следы	Al, Fe Si, Na Cu, Mo, Mg, Mn K, Ca Pb, V, Ba, Sr

Ферримолибдит. Встречен в небольших количествах в целом ряде мест ущелий рр. Ай-Дараси и Спетри. Только в устье штрека № 4, штольни 32 отмечен прожилок до 0,5 см, почти нацело выполненный ферримолибдитом.

Обильные налеты последнего были встречены в многочисленных трещинах отдельности в сиенито-гранитах, слагающих устье штольни 51.

Форма проявления ферримолибдита — тонкие налеты и корочки в кварцевых жилках, несущих молибденит. По плоскостям трещин отдельности и во вмещающих породах, не содержащих видимого молибденита, ферримолибдит не наблюдался.

Под бинокулярной лупой отдельные агрегаты обнаруживают тонкоигльчатое кристаллическое сложение. Иголки располагаются без закономерности, создавая спутанно-волокнистые агрегаты. Иногда серно-желтые налеты ферримолибдита тесно связаны с лимонитовыми налетами и дают незаметные переходы к ним.

г) МИНЕРАЛЫ ГИДРОТЕРМАЛЬНО ИЗМЕНЕННЫХ ПОРОД

(жильные минералы)

Помимо первичных минералов интрузивных пород, наиболее распространенным нерудным минералом измененных пород, безусловно, является кварц, причем все исследователи

Агарака отмечают несколько его генераций. На всех участках месторождения широко развито окварцевание пород с одно-временной серицитизацией. Отмечается «залечивание» трещин раздробленных зерен первичного кварца поздним гидротермальным кварцем. Более поздние кварцевые прожилки, как несущие сульфиды, так и чисто мономинеральные, безрудные, секут окварцованные и слабо окварцованные породы. Поздние кварцевые безрудные жилки являются самыми мощными и изредка содержат молибденит.

Для участков гидротермального изменения пород характерно широкое распространение серицита и вторичной слюдки (переходной от биотита к флогопиту). Отмечено также явление замещения хлоритом биотита и редко встречающейся роговой обманки.

Наиболее поздним из всех жильных минералов является гидротермальный кальцит.

4. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЗМА РУДНИЧНЫХ ВОД

Резко выраженный рельеф Агарака, сильная расчлененность его главных участков не способствуют просачиванию поверхностных вод, окисляющих в конечном счете весь сульфидный материал. Все талые и дождевые воды на месторождении, в результате крутых и обрывистых склонов главной части Центрального и Северного участков быстро сносятся вниз, в русла протекающих здесь речек и только очень небольшая часть просачивается вглубь, окисляя и изменяя по пути движения первичный материал.

Поэтому разведочные выработки месторождения в большинстве случаев являются либо совсем сухими и содержат только в устьевых частях небольшие скопления застойных атмосферных вод (главным образом, в старых выработках), либо, если в них и наблюдается просачивание поверхностных вод, то оно является крайне незначительным и локальным, связанным с тектоническими условиями каждого блока рудного поля.

Таким образом, рудничные воды месторождения имеют очень небольшой дебит и нигде не создают сколько-нибудь значительного притока.

Рудничные воды Агарака до нас специально никем не изучались; только в отчете И. А. Тараяна были приведены данные четырех неполных анализов, произведенных в Ереванской лаборатории Комбината синтетического каучука. Три анализа отражают состав вод, циркулирующих в различных штольнях и один анализ характеризует воду р. Спетри. Во всех четырех анализах определялись только кислотность, жесткость и содержание меди. В целом приведенные И. А. Тараяном анализы не отражают характера подземных вод рудного поля месторождения.

При изучении процессов окисления, познание химических особенностей подземных вод совершенно необходимо. Этим и диктовалась наша попытка попутного изучения химизма рудничных вод месторождения.

Отбор проб происходил в ноябре месяце (1946 г.), т. е. во время более или менее стабильного положения уровня рудничных вод. Пробы из различных выработок объемом в 2 лит-ра каждая были доставлены в химическую лабораторию Института геологических наук Академии наук АрмССР, где и были проанализированы аналитиком Э. А. Кюрегян.

Для целого ряда сомнительных определений ею были проведены контрольные анализы, но они не изменили первоначальные результаты. Поэтому автором были повторно (ровно через год, в 1947 г.) вновь отобраны две пробы рудничных вод и переданы в Геохимическую лабораторию ВСЕГЕИ для контрольного анализа вообще. Пробы были проанализированы старшим аналитиком Е. П. Муликовской. Результаты этих анализов приведены в табл. 24. Несмотря на некоторое расхождение в содержании отдельных компонентов, общая характеристика вод остается той же, что и по данным химической лаборатории ИГН АрмССР.

В нижеследующей табл. 23 приведены результаты анализов проб, отобранных в 1946 г. Данные анализов выражены в ионной форме, содержания отдельных компонентов в г/л. Четыре пробы из общего числа пяти взяты из канав штолен и их штреков и только одна из просачивающихся вод.

Проба № 1 взята из штольни 40, которая является почти сухой, т. к. ее участок отличается чрезвычайно резким рельефом и просачивание поверхностных вод здесь выражено очень

Анализы вод в г/л

(Аналитик хим. лаборатории ГИН АН АрмССР—Э. А. Кюрегян)
по сборам Е. А. Акопян

№ проб	Место взятия	SiO ₂	Al	Fe	Ca	Mg	Na	Mn	Cu	Cl	SO ₄	HCO ₃	MoO ₄	PO ₄	H ₂ S	pH	Сумма ионов в г/л
1	Спетринский участок. Штольня 10. Из лужи-канавы	0,128	0,075	0,014	0,438	0,410	0,766	следы	2,05	0,124	6,199	0,073	следы	нет	нет	3,6	10,27
2	Спетринский участок. Штольня 7. Из канавы у устья	0,044	0,003	0,002	0,101	0,013	0,078	•	нет	0,031	0,305	0,122	0,001	•	•	7,1	0,7
3	Спетринский участок. Штольня 5. Из канавы штрека	0,023	0,005	0,025	0,213	0,087	0,224	•	•	0,046	0,738	0,780	0,001	•	•	7,5	2,142
4	Спетринский участок. Штольня 5. Из капеза в 60 м. от устья	0,496	0,078	0,711	0,335	0,409	0,699	0,124	1,56	0,103	7,014	нет	сл.	•	•	3,2	11,534
5	Участок Ай-Дараси. Из сборной канавы штольни 31	0,033	0,002	0,004	0,275	0,014	0,636	сл.	нет	0,242	1,139	0,780	0,012	•	•	7,5	3,137

Таблица 24

Анализы вод в г/л
(Старший аналитик геохимической лаборатории ВСЕГЕИ — Е. П. Муликовская)
по сборам Е. А. Акопян

№ проб	Место взятия	Fe	Cu	Ca	Mg	Na+K	HCO ₃	SO ₄	NO ₃	Cl	MoO ₄	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	H ₂ SiO ₃	pH	Сухой остаток
1	Спетринский участок. Штольня 7. Из канавы в 100 м. от устья	не обн.	0,0008	0,0844	0,0279	0,0605	0,110	0,293	0,065	0,009	0,0007	не обн.	0,0003	0,045	6,6	0,670
2	Спетринский участок. Штольня 5. Из канавы штрека	не обн.	0,0003	0,1190	0,1061	0,1923	0,342	0,6831	0,093	0,0568	0,0013	не обн.	0,0003	0,040	6,9	1,532

слабо. Поэтому проба № 1 вынужденно взята из единственной лужи с небольшим стоком, в конце забоя штольни, не разрабатываемого в течение долгого времени. По стенкам и потолку выработки наблюдалось медленное просачивание воды в лужу, вода которой отличалась своей прозрачностью и слегка синеватым оттенком. По данным Н. А. Фокина, ствол штольни пройден в центральной части мощной зоны нарушения.

Проба № 2 взята из сборной канавы с чистой проточной водой, вблизи устья штольни 7 и иллюстрирует состав всех вод, просачивающихся через этот наиболее богатый по содержанию молибденита участок месторождения.

Пробы № 3 и 4 отобраны из штольни 5, причем проба № 3 взята вблизи ствола штольни из устья южного штрека и отражает состав вод, прошедших в общем небольшой путь от места их выхода. Проба № 4 самым тщательным образом отобрана приблизительно в 70 м от устья штольни из многочисленных, но медленно стекающих здесь капель воды. Участок отбора пробы сложен сильно перемятыми измененными породами.

Наконец, проба № 5 взята из сборной канавы в 70 м от устья штольни 31.

В 1952 г. Н. И. Долухановой в связи с тематическим заданием изучения гидрогеологических условий медно-молибденовых месторождений Армении были отобраны и проанализированы 19 проб рудничных вод месторождения. Пробы отбирались, главным образом, из сборных канав, т. к. устья большинства штолен были завалены и недоступны для проведения наблюдений.

Суммируя данные всех имеющихся анализов, можно прийти к ряду выводов, из которых наиболее существенны следующие:

1. Рудничные воды Агарака не являются постоянными по своему химическому составу. При повышенной кислотности воды существенно-сульфатные (анализы № 1 и 4), слабо — щелочные воды — карбонатные, причем, по-видимому, часть солей находится в виде бикарбонатных соединений (анализы № 2, 3, 5).

И в большинстве проанализированных проб Н. И. Долухановой ион SO_4^{2-} преобладает над суммой HCO_3^- и Cl^- , что

позволяет считать в основном рудничные воды Агарака сульфатными.

2. В пробах всех вод отсутствуют ионы PO_4^{3-} .

3. В слабо просачивающихся водах (анализы № 1 и 4) меди больше (от 1,56 до 2,05 г/л), чем в быстро просачивающихся водах.

4. Концентрация водородных ионов (рН) колеблется в широких пределах — от 3,2 до 7,5. Воды, имеющие величины рН 3,2—3,6, могут быть отнесены к сильно кислым. Воды же, имеющие величину рН 7,1—7,5, относятся к слабощелочным.

5. В кислых водах содержится сравнительно большое количество сульфатного иона SO_4^{2-} (от 6,199 до 7,014 г/л).

6. Наиболее интересным результатом из всех данных анализов является присутствие иона MoO_4^{2-} в анализах № 2, 3, 5, характеризующих слабощелочные воды. Содержание иона MoO_4^{2-} колеблется в пределах от 0,001 до 0,012 г/л.

7. В кислых водах ион MoO_4^{2-} , по данным наших анализов, почти полностью отсутствует.

8. Данные анализов вод свидетельствуют также о нечеткой зависимости между содержанием в них сульфатов и молибдена.

9. Во всех пробах установлено присутствие ионов Ca, Mg, Na в различных количествах: Ca от 0,101 до 0,438 г/л; Mg от 0,13 до 0,410 г/л; Na от 0,078 до 0,766 г/л.

10. В кислых водах содержание железа больше (от 0,014 до 0,711 г/л), чем в слабощелочных (от 0,002 до 0,004 г/л).

11. К сожалению, некоторые определения не совсем точны. Так, в анализе № 3 указано железо в окисной форме (0,025 г/л), что маловероятно в слабощелочных водах, так как известно, что в этой обстановке соли железа «гидролизуются, давая свободную кислоту и разнообразные основные сульфаты, в конечном итоге переходящие в гидроокись железа», которая выпадает в виде осадка, давая лимониты.

12. Вызывает сомнение обнаружение в кислых сульфатных водах ионов HCO_3^- (анализ № 1), так как в присутствии свободной серной кислоты карбонатные соединения металлов разрушаются.

13. Все рудничные воды Агарака несут в общем повышенную минерализацию при сумме всех солей порядка от 0,7 до 11,534 г/л. Но, как известно, чем выше кислотность вод, тем выше способность к выщелачиванию и переносу тяжелых металлов. В соответствии с этим минерализация кислых вод Агарака гораздо выше (в пределах от 10,2177 до 11,34 г/л), чем минерализация слабощелочных вод (в пределах от 0,7 до 3,137 г/л).

14. В ряде сухих остатков некоторых проб химико-спектроскопическим анализом было установлено присутствие: Al, Mn, Ni, Ti, Mo, Cu, V.

5. К ВОПРОСУ О МИГРАЦИИ И ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ МЕДИ И МОЛИБДЕНА В ЗОНЕ ОКИСЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

При изучении зоны окисления каждого сульфидного месторождения, нельзя не остановиться на вопросе, связанном с миграцией и выщелачиванием полезных компонентов в исследуемой зоне. Поэтому попытаемся осветить данный вопрос и для зоны окисления Агаракского месторождения, которая практически отчетливо не выделяется, как не выделяется здесь и зона вторичного сульфидного обогащения.

Как уже неоднократно указывалось, Агарак является месторождением со специфическими условиями формирования зоны окисления. Его резко выраженный рельеф, быстрая эрозия, опережающая процессы окисления, являются доминирующими факторами, определяющими относительно весьма слабое накопление окисленного материала. И, если вообще для зоны окисления почти любого сульфидного месторождения, характерно большое разнообразие минеральных ассоциаций, то для Агарака это осложняется еще присутствием в поверхностных условиях, наряду с окисленным комплексом, первичных минералов и, реже минералов вторичного сульфидного обогащения.

Не приводя абсолютных цифр громадного числа произведенных геолого-разведочной партией Армянского геологического управления химических анализов проб, взятых из многочисленных выработок, отметим, что все исследователи месторождения указывают, во-первых, на очень слабое участие

окисленных минералов в составе общей рудной массы и, во-вторых, на явное выщелачивание полезных компонентов в условиях приповерхностного слоя. Явления выщелачивания проявляются тем интенсивнее и захватывают тем больший отрезок приповерхностного слоя, чем мягче рельеф. В обрывистых участках рудного поля выщелачивание либо чрезвычайно незначительно по своим размерам, либо отсутствует совершенно.

Согласно данным Н. А. Фокина, определения «окисленного» молибдена дают или следы или первые тысячные доли процента, что говорит об очень слабом окислении молибденита.

Таким образом, поведение меди и молибдена, их вынос и миграция преимущественно зависят от тех особенностей рельефа, которые столь характерны для Агарака.

Ниже мы остановимся несколько подробнее на характеристике поведения молибдена в зоне окисления, тем более, что имеется ряд минералогических и других новых данных, дополняющих уже известные представления о его незначительной миграции.

Изучая минералогию зоны окисления, автор особое внимание уделял регистрации гипергенных минералов, возникающих в результате окисления молибденита. И, хотя вообще, за редким исключением, их проявление для аналогичных месторождений принимает характер минералогических редкостей, даже небольшое количество молибдатов является своего рода ключом к пониманию поведения молибдена в окисленной зоне.

Известно, что молибденит, в результате процессов окисления, несмотря на относительную устойчивость, может переходить в растворы, из которых молибден выпадает в виде различных молибдатов. Другая, большая часть Мо мигрирует и выщелачивается из месторождения (или задерживается, адсорбируется лимонитами).

Несмотря на специальные поиски в поле, просмотр большого количества макроштурфов под бинокулярной лупой, контрольных определений на молибден ряда сомнительных образований, принимаемых за молибдат кальция, нам в Агараке, помимо ферримолибдита никаких других окисленных молибденовых минералов обнаружить не удалось. Ферримолибдит

фиксируется в целом ряде мест Центрального и Северного участков в поверхностных условиях и почти всегда в очень небольших количествах. Он встречается в виде примазок, в виде незначительных скоплений на агрегатах молибденита, в небольших пустотах в кварцевых жилках, несущих молибденит, или же слагает небольшие мономинеральные жилочки. Иногда ферримолибдит выстилает трещинки разрушенного заохренного жильного кварца, но, что характерно, нигде он не наблюдается во вмещающей породе.

Имеющиеся данные свидетельствуют об известной миграции молибдена, но, как показывают наблюдения, перенесен он на весьма незначительные расстояния.

Если обратиться к причинам отсутствия в Агараке повеллита, характерного для главных участков Каджарана, то первое, на что следует обратить внимание, будет, безусловно, выяснение условий, при которых шло отложение водного молибдата железа, а не повеллита. Как известно, одним из значительных факторов в общей геохимии зоны окисления является характер среды, влияющей на отложение тех или иных минеральных образований.

Интенсивно окварцованные сиенито-граниты и гранодиорит-порфиры Агарака в свою очередь являются достаточно инертной средой, в условиях которой, как известно, именно и откладывается ферримолибдит. Полуактивная же среда монцитов Каджарана, сравнительно быстро нейтрализующая растворы, способствует отложению повеллита.

Далее, отложению ферримолибдита, по-видимому, способствовал характер циркулирующих в Агараке вод, которые в поверхностных условиях обладают более кислым характером (см. анализы рудничных вод № 1 и 4, характеризующие слабопросачивающие воды вблизи поверхности). Для отложения ферримолибдита, как известно, кислая реакция растворов благоприятна.

Таким образом, фиксация части мигрирующего молибдена Агарака увязывается с обычными условиями его переотложения.

В ряде мест поверхности Центрального участка в кварц-молибденитовых жилках и нацело окварцованных сиенито-

гранитах отмечены характерные пустотки выщелачивания, когда-то присутствовавших здесь агрегатов молибденита. Пустотки имеют форму неправильных углублений с характерными зазубренными внутренними стенками. Фиг. 57 иллюстрирует эти пустотки, причем на правой стороне снимка виден остаточный молибденит, совершенно не затронутый процессами окисления. Иногда у стенок отдельных пустоток только при большом увеличении бинокулярной лупы отмечаются пластиночки молибденита. Все это свидетельствует о его выщелачивании. По-видимому, оно шло без отложения молибдатов на месте, скорее всего молибден непосредственно переходил в раствор и мигрировал.



Фиг. 57. Пустотки выщелачивания агрегатов молибденита (темные участки). На правой стороне снимка видны остаточные скопления молибденита. $\times 9$.

Факт наличия пустоток выщелачивания тем более интересен, что его мы наблюдаем для месторождения, в котором происходит быстрый снос окисленного материала.

Не менее интересным и для понимания растворения и выноса молибдена являются результаты анализов некоторых проб рудничных вод Агарака, в которых обнаружено присутствие иона MoO_4^{2-} в количествах от 0,001 до 0,012 г/л (глава «Химизм рудничных вод»).

Н. И. Долуханова произвела количественный подсчет металлического молибдена, вынесенного водными растворами на дневную поверхность. Расчет показал, что суточный вынос металлического молибдена составляет приблизительно 240 г,

что в год равняется около 88 кг (при суточном дебите воды 432 тыс. литров).

Аналогично Каджарану, о некотором расселении молибдена свидетельствуют химико-спектроскопические анализы различных немolibденовых минералов.

Данные анализов приведены в табл. 25.

Т а б л и ц а 25

№ обр.	Место взятия	Наименование	Интенсивность линий для Мо
98/46	Ущ. р. Ай-Дараси	лампадит	средние
99/46	Ущ. р. Ай-Дараси	лампадит	слабые
108/46	Стар. выработка в ущ. р. Ай-Дараси	минерал из груп- пы блёдита	слабые
239/46	Штольня 47	бело-желт. обра- зов. на халькан- тите	следы
226/46	Ущ. р. Ай-Дараси	галлуазит	следы
169/46	Ущ. р. Спетри	стильпносидерит	средние
165/46	"	ярозит	следы
168/46	"	ярозит	слабые
223/46	Участок песчано- углистой толщи	ярозит	слабые

Обращают на себя внимание средние линии и преобладание слабых линий. Согласно приблизительному соотношению интенсивности спектральных линий к процентному содержанию при температуре, при которой были произведены снимки, средние линии Мо отвечают 0,5%, слабые линии — 0,1% и, наконец следы линий — 0,01%.

Таким образом, молибден входит также и в состав немolibденовых гипергенных минералов.

IV. МИНЕРАЛОГИЯ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ ДАСТАКЕРТСКОГО МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1. ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАРГУШАТСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

Баргушатский рудный район расположен в пределах северной части Кафанского и южной части Сисианского административных районов непосредственно к северу от Конгуро-Алангезского рудного района и имеет много сходных с последним черт.

Геологическое строение района наиболее полно охарактеризовано в работах К. Н. Паффенгольца, А. Н. Соловкина, В. Н. Котляра, И. Г. Магакьяна, С. С. Мкртчяна и А. Л. Додина. Металлогения района, главным образом, освещена в работах И. Г. Магакьяна и В. Н. Котляра, причем И. Г. Магакьян в результате открытия и изучения им здесь интенсивного медно-молибденового проявления, выдвинул район, как перспективный в смысле запасов меди и молибдена и тем самым расширил к северу границы выше описанной Конгуро-Алангезской рудной области.

В орографическом отношении район принадлежит к числу высокогорных, так как территориально расположен на южных и северных склонах Баргушатского хребта, отличающегося резким рельефом.

Основная роль в геологическом строении района принадлежит вулканогенным толщам олигоцена и эоцена, а более древние вулканогенные и отчасти осадочные толщи юрского и верхне-девонского возраста, так же как и интрузивные породы,

играют подчиненную роль. Интрузивные породы, представленные гранитоидами, состав которых колеблется от габбро-до гранодиоритов, кварцевых диоритов и граносиенитов, прорывают в виде нескольких крупных и ряда мелких тел все породы, включая и олигоценовую вулканогенную толщу; они отнесены большинством исследователей к миоцену. Для структуры района характерно наличие складок СЗ простирания, сопровождаемых крупными разломами того же и близкого к широтному направлений, к которым иногда приурочены внедрения интрузий.

Для металлогении района наиболее характерны медно-молибденовые, полиметаллические и низкотемпературные мышьяковые (реальгаровые) месторождения. Наиболее распространенным морфологическим типом оруденения является штокверково-вкрапленный, подчиненное значение имеют метасоматические гнезда, оруденелые скарны и жилы.

Так же как и для Конгуро-Алангезского района наиболее типичными являются проявления медно-молибденового оруденения, к которым относится и описываемое ниже самое интересное в районе Дастакертское месторождение.

2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО СТРУКТУРЫ

Изучаемое месторождение входит в Баргушатский рудный район южной металлогенической провинции Малого Кавказа. Месторождение расположено в Сисианском районе, в нескольких км к югу от небольшого с. Дастакерт. Самой ближайшей к месторождению ж.-д. станцией является ст. Нахичевань.

От ст. Нахичевань до месторождения 125 км шоссейной дороги.

Абс. высота рудного поля месторождения колеблется в пределах 2200—2400 м. Вся Дастакертская группа медно-молибденовых месторождений расположена на северном склоне Баргушатского хребта, являющегося водораздельным между бассейнами рр. Вохчи и Воротан. Само месторождение тяготеет к бассейну небольшой горной реки Кыз-Кошты, являющей-

ся правым притоком р. Айри (приток р. Воротан). В районе месторождения протекает еще ряд небольших ручьев: Ял-юрт, Мегрили, Безымянный, Малахитовый, в ущельях которых отмечены медно-молибденовые проявления.

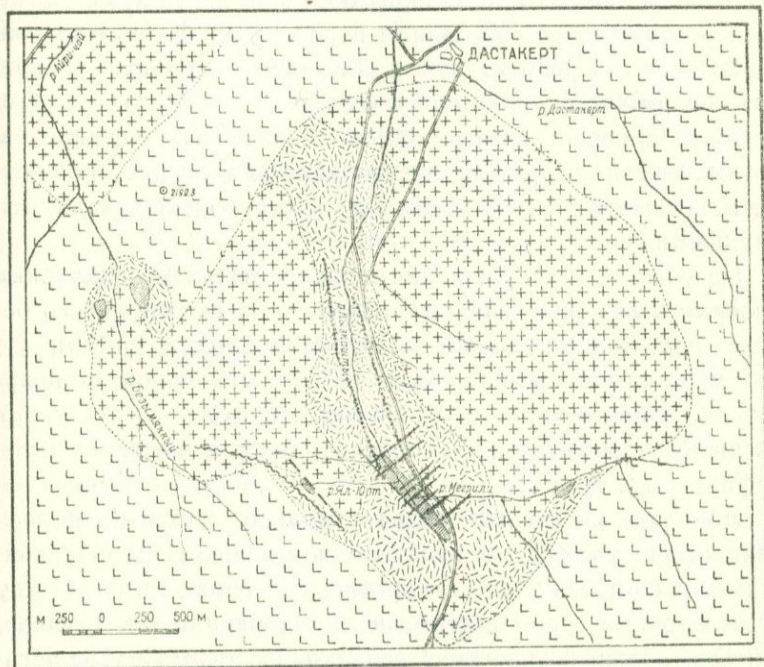
Дастакертское месторождение известно с 1945 г. Оно было открыто, предварительно изучено и выдвинуто под разведку научными сотрудниками ИГН АН АрмССР И. Г. Магакьяном и В. Х. Ароян. Начиная с 1947 г. Армянское геологическое управление развернуло на месторождении поисково-разведочные работы, в результате которых в начале 1952 г. Дастакерт был передан промышленности и тогда же была пущена в эксплуатацию обогатительная фабрика.

Первые основные данные о месторождении освещены в отчетах И. Г. Магакьяна. Им составлена детальная геологическая карта района месторождения, дано описание геологического строения всего рудного поля и описан минералогический состав сульфидных руд. В последующие годы месторождение изучалось научн. сотр. ИГН АН АрмССР — К. А. Карамяном, Н. И. Долухановой, Г. О. Пиджяном, Т. А. Аревшатын, геологами АрмГУ — Г. А. Аракеляном, А. Е. Казаряном и др., науч. сотр. МГРИ — М. П. Исаенко. Гипергенными минералами, их ассоциациями и характером развития зоны окисления до работ автора никто специально не занимался.

Среди рудного поля района месторождения выделяется ряд участков: Центральный (собственно Дастакертское месторождение), Ялюртский, Мегрилинский, Безымянный и Малахитовый. Центральный участок, наиболее разведанный, расположен в ущелье р. Кыз-Кошты у впадения ее правого притока Мегрили; на расстоянии 1 км к В от Центрального участка, в ущелье р. Мегрили отмечено медно-молибденовое проявление с несколько повышенным содержанием магнетита. Ял-юртский участок расположен на расстоянии 0,5 км к З от Центрального участка, в крутом ущелье одноименной реки. Участок Безымянный или Пюсекский, тяготеющий к обоим бортам ущелья р. Пюсек, находится на расстоянии 1,5 км к СЗ от Дастакертского месторождения и, наконец, участок Малахитовый расположен в верховьях одноименного ручья (фиг. 58).

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДАСТАКЕРТСКОЙ ГРУППЫ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

по И. Г. Магакьяну



Порфиры и их туфовые зоны

Гранодиориты, кварцевые монцониты и кварцевые дисциты миоцена

Роговики, окварцованные и пиритизированные порфиры и их туфы

Гидротермально измененные порфиры с рассеянным роговиково-кварцевым Si-Mo оруденением

Дайки дисцит-порфира

Дайка роговоосманкового дисцит-порфира

Дивазовые дайки

Разломы

Фиг. 58.

В геологическом строении участка месторождения по данным И. Г. Магакьяна принимают участие: вулканогенные породы, представленные толщей порфиритов, туфов и туфобрекчий эоценового возраста и прорывающие их штоки гранодиоритов верхнемиоценового возраста, состав которых иногда изменяется до кварцевых монцонитов, монцонитов и реже габбро. Оконтуренные штоки гранодиоритов, по-видимому, являются сателлитами единого интрузивного массива, просле-

женного к северу от Центрального участка. В рудном поле месторождения принимают участие различные жильные породы, которые согласно Т. А. Аревшатян внедряются в следующей последовательности: диорит-порфириты, диабаз-порфириты, роговообманковые диорит-порфириты; К. А. Карамян выделяет еще керсантитовую дайку, самую молодую по времени внедрения. Мощность даек варьирует в пределах 5—10 м. Наиболее распространены дайки диабазовых порфиритов, протяженность которых не превышает 500 м по простиранию, при мощности от 0,2—6 м. Дайки месторождения являются дорудными.

На участке месторождения широко развиты различные наносные отложения, главным образом, на склоне левого берега р. Кыз-Кошты, где они достигают мощности до 80 м.

Гидротермальное изменение пород, выраженное в окварцевании, эпидотизации и пиритизации, приурочивается как к краевым зонам интрузивных штоков, так и к экзоконтакту—порфиритам и туфам.

Наиболее интенсивно гидротермально изменена полоса вулканогенных пород, являющаяся, по мнению И. Г. Магакьяна, ксенолитом или участком кровли, простирающимся между двумя штоками гранодиоритов и составляющая так называемый Центральный участок. Данные разведочных работ установили, что промышленное оруденение приурочено не только к вулканогенным породам кровли, но и к гидротермально измененным окварцованным гранодиоритам эндоконтакта. Внутри рудоносной полосы с медно-молибденовой минерализацией, простирающейся в СЗ направлении, отмечены дорудные нарушения СЗ простирания, являющиеся, по-видимому, главными путями циркуляции рудоносных растворов.

И. Г. Магакьян придает роли дорудных разломов Дастакерта главенствующее значение в вопросе концентрации ценных металлов. Оруденение выражено штокверковой сетью сульфидных и реже кварцево-сульфидных прожилков, несущих халькопирит, молибденит, иногда пирит, сфалерит, галенит; подчиненное значение имеет вкрапленность рудных минералов среди вмещающих, в той или иной степени пиритизированных, окварцованных пород. Интенсивность оруденения зависит, главным образом, от густоты прожилков. Мощность

их колеблется в пределах от 0,1 мм до нескольких сантиметров.

На Центральном участке Дастакертского месторождения разведочными работами последних лет выявлена крупная минерализованная зона СЗ простирания, протяжением более 2 км, при ширине до 300—400 м. На глубину зона прослежена (скв. 9) до 370 м. Внутри этой зоны с промышленным содержанием металлов выделены рудные тела с очень богатым содержанием меди и молибдена. Вся зона и эти отдельные рудные тела, линзы и небольшие зоны брекчированных руд внутри общей зоны имеют СЗ 300—315° простирание с падением на СВ под $\angle 80-85^\circ$.

Остальные участки — Ял-юрт, Мегрили, Безымянный и Малахитовый аналогично Центральному участку, также несут медно-молибденовое оруденение прожилково-вкрапленного характера во вмещающих гидротермально измененных порфиритах и гранодиоритах, но эти проявления требуют еще дальнейшего изучения.

Первичными рудными минералами всех участков месторождения (включая и краевые зоны интрузивных штоков) являются: халькопирит, молибденит, пирит, борнит, сфалерит, галенит, гематит, магнетит, висмутин, медно-висмутовые минералы, теннантит, алабандин, люцонит, энаргит, аргентит, самородное золото, пирротин, галеновисмутит, арсенопирит.

Из минералов зоны вторичного сульфидного обогащения отмечены: халькозин, борнит и ковеллин (список гипергенных минералов зоны окисления приведен в следующей главе).

Минералогическая ассоциация, выдержанность оруденения по вертикали, изменение боковых пород и целый ряд других признаков позволяют оруденение Дастакерта отнести к переходной от высоко- к среднетемпературной группе гидротермальных рудных месторождений.

3. ХАРАКТЕР РАЗВИТИЯ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ

В настоящем разделе мы рассмотрим лишь характер развития зоны окисления главного — Центрального участка, все остальные участки проявления оруденения будут нами освещены лишь попутно.

Центральный участок расположен глубоко в ущелье р. Кыз-Кошты, протекающей почти в меридиональном направлении. Почти все разведочные выработки, заданные по обнаруженным здесь интенсивным проявлениям медно-молибденового оруденения, расположены у самого уреза воды, и устья большинства из них пройдены непосредственно в коренных обнажениях свежих или чаще слабо гидротермально измененных порфиритах. Выше оба склона ущелья задернованы. Наносы, представленные галечниково-террасовыми отложениями, отмечаются не повсеместно и имеют различную мощность. В некоторых шурфах, пройденных по западному склону ущелья р. Кыз-Кошты, мощность наносных отложений достигает до нескольких десятков метров. По восточному склону мощность наносных отложений значительно меньше. На поверхности западный склон кое-где покрыт низкорослым кустарником, почти отсутствующим на восточном склоне.

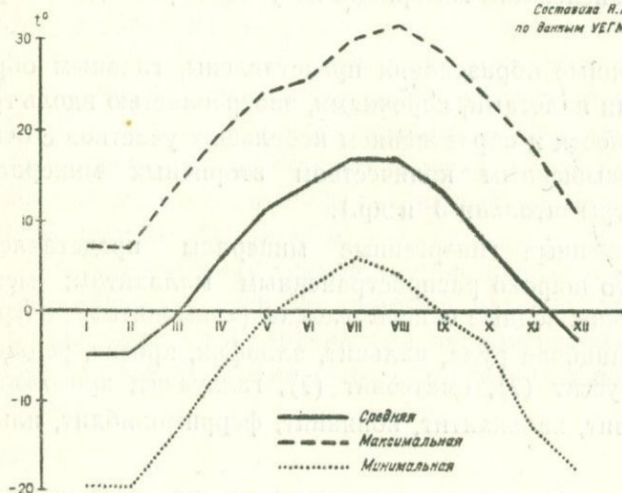
По климатическим условиям район месторождения приближается к климату зон альпийских высот: относительно прохладное лето и холодная, суровая зима. Снег на месторождении держится примерно с середины октября и до второй половины апреля.

Нижеследующие графики (фиг. 59, 60) отображают изменения температуры воздуха по данным метеорологической станции «Сисиан», тяготеющей к району месторождения и количества выпадающих осадков по наблюдениям метеорологического поста, расположенного на участке месторождения. Температура воздуха в наиболее жаркие месяцы (июль-август) достигает $+31^{\circ}\text{C}$, в наиболее холодные месяцы падает до -20°C . За период с 1950—1955 гг. средняя сумма осадков составляла 557,1 мм в год.

Хорошо выраженной зоны окисления на Центральном участке не наблюдается. На поверхности в ряде мест установлено относительно незначительное развитие малахита на почти свежих порфиритах, оруденелых халькопиритом, молибденитом и реже пиритом. Характерно, что на поверхности отмечаются как почти свежие первичные сульфиды, слабо или почти совсем не затронутые процессами окисления, так и сульфиды, окисленные в той или другой степени. По-видимому, здесь имеет большое значение приуроченность выходов

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА
ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ „СИСИАН“
(средние за период 1950 - 1955 г.г.)

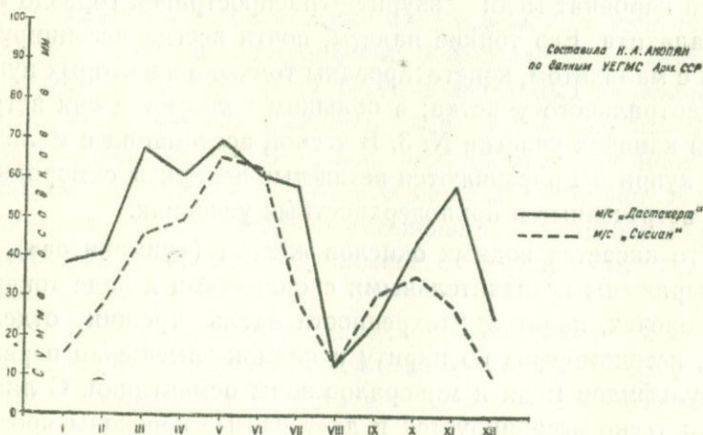
Составила Н.А. АНОПИН
по данным УЕГМС Арм. ССР



Фиг. 59.

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ ПО МЕСЯЦАМ
ПО ДАННЫМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ „ДАСТАКЕРТ“ И „СИСИАН“
(средние за период 1950 - 1955 г.г.)

Составила Н.А. АНОПИН
по данным УЕГМС Арм. ССР



Фиг. 60

рудного тела непосредственно к самому тальвегу речки, бурно и стремительно уносящей весь измененный, разрушенный материал, главным образом в паводковый период. Такая быстрая эрозия и является главной причиной того, что хорошо проработанного окисленного материала на участке разведочных работ нет.

Гипергенные образования представлены, главным образом, слабыми налетами, корочками, заохренностью вдоль трещин отдельности и образованием небольших участков с относительно повышенным количеством вторичных минералов (первые метры штольни 3 и др.).

Обнаруженные гипергенные минералы представлены прежде всего широко распространенным малахитом; менее распространены водные окислы железа («лимониты»), азурит, медно-марганцовая руда, кальцит, аллофан, ярозит, редки — куприт, церуссит (?), смитсонит (?), галлуазит, хризоколл, гипс, англезит, халькантит, копиапит, ферримолибдит, ильземанит.

Малахит распространен повсеместно на всех участках месторождения. Представлен ясно кристаллической и коллоидной морфологией. Образует корки, пленки, налеты по трещинам отдельности; вдоль разрушенных участков он проникает в гидротермально измененные оруденелые порфириты. Другой карбонат меди — азурит — распространен гораздо менее малахита. Его тонкие налеты, почти всегда ассоциирующиеся с малахитом, констатированы только в некоторых пунктах Центрального участка; в большом количестве они встречаются в канавах участка № 3. В тесной ассоциации с малахитом и купритом развиваются ветвистые дендриты самородной меди, встреченные в приповерхностных условиях.

Что касается водных окислов железа («лимонитов»), то они выражены незначительными скоплениями в виде тончайших корочек, налетов, заохренности вдоль трещин отдельности, псевдоморфоз по пириту и каемок замещения первичных сульфидов меди и минералов зоны цементации. С лимонитами тесно ассоциируется и дает частые переходы ярозит, незначительное количество которого свидетельствует о рассеянном вкрапленном характере пирита в рудной массе. На-

ряду с ярозитом, на лимонитовых корочках развивается и медно-марганцовая смоляная руда.

Из вторичных силикатов в ряде мест был встречен аллофан, представленный эффектными натечными корочками с синей или голубой окраской. Хризоколла на месторождениях нами не обнаружена.

На участке Ял-юрт в ряде штуфов, отвалов и канав были обнаружены корочки глиноподобного галлуазита.

Различные сульфаты (гипс, англезит, халькантит и копияпит) встречаются в единичных пунктах. Также редки находки основного водного молибдата железа — ферримолибдита и черные налеты ильземанита.

На всех участках месторождения широко развиты карбонаты: кальцит, в меньшей степени — анкерит; взаимоотношения с лимонитами и карбонатами меди позволяют считать их частично образованными за счет отложения в поверхностных условиях.

4. ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ*

а) МИНЕРАЛЫ ПЕРВИЧНОГО ОРУДЕНЕНИЯ (ГИПОГЕННЫЕ)

Самородное золото. Обнаружено впервые. Встречено в образце гранодиорита, взятого из небольшой интрузии, обнажающейся на расстоянии 0,5 км к югу от Центрального участка. Здесь, в гранодиоритах наблюдается повсеместное присутствие халькопирита (в виде отдельных вкрапленников и тонких прожилков, частично или полностью замещенных стильпносидеритом). В тесной ассоциации с лимонитизированным халькопиритом развиты налеты и корочки лучистого малахита, иногда довольно интенсивные, покрывающие значительные площади, на плоскостях отдельности гранодиоритов.

Под микроскопом, в гранодиорите, помимо халькопиритовых жилок, обнаруживается несомненно гипогенный борнит, разрозненные зерна магнетита и замещающий его гематит.

* Порядок изложения материала аналогичен принятому при описании минералов Каджарана и Агарака.

Халькопирит замещается лимонитом и по периферии агрегатов зерен вторичным борнитом и ковеллином.

Самородное золото встречено в полях гипогенного борнита в форме как бы оплавленного зерна размером 0,01 мм в поперечнике. Цвет ярко-желтый, поверхность неровная, сильная отражательная способность. При действии AgNO_3 весь халькопирит, наблюдаемый в поле зрения, и борнит полностью протравились, а зерно золота осталось без изменений.

Помимо включения в гипогенном борните, мельчайшие выделения самородного золота встречены в полях халькопирита.

Висмутин. Присутствует в незначительном количестве в виде редких призматических зерен, развитых в полях халькопирита, образуясь, по-видимому, одновременно с ним.

Молибденит. Широко распространенный минерал, один из главных компонентов рудных тел. Наблюдается вдоль трещин отдельности в виде примазок, в почти чистых мономинеральных жилах, реже — в виде отдельных вкрапленников в жилах в ассоциации с халькопиритом и пиритом, и только иногда в виде друз и скоплений отдельных листочков. Очень характерна оторочка молибденита вокруг обломков вмещающих пород, в участках брекчиевидных руд. Следующая за ним оторочка халькопирита уже является цементирующим материалом между отдельными обломками, отороченными каемкой молибденита. Под микроскопом в просмотренных шлифах края отдельных зерен молибденита и его агрегатов совершенно ровные, без признаков «рубашки» окисления.

Наблюдается тесный парагенезис молибденита с халькопиритом, причем последний проникает в него вдоль плоскостей спайности и окаймляет его зерна.

На месторождении развиты две разновидности молибденита: высокотемпературная — представленная крупночешуйчатыми, розетковидными кристаллами (до 1 см в поперечнике), развивающимися в кварцевых прожилках, сложенных гребенчатым кварцем в гранодиоритах (зона эндоконтакта месторождения), и сравнительно более низкотемпературная — представленная мелкочешуйчатым молибденитом в порфиритах (зона экзоконтакта). Последняя разность ассоциируется с халькопиритом, медно-висмутовыми минералами, пиритом и сфалеритом.

Галенит. Встречается в незначительном количестве, но повсеместно, в карбонатно-сульфидных прожилках, главным образом, в сростании с халькопиритом. Выполняет редко встречающиеся жилки, состоящие существенно из галенита и сфалерита (штольня 3 и др.), иногда в ассоциации с последним является цементом брекчии, обломки которой представлены порфиритом, содержащим выделения халькопирита и молибденита. В сплошных полях галенита наблюдается эмульсионная вкрапленность аргентита и, возможно, самородного серебра. Характерен тесный парагенезис галенита со сфалеритом, в меньшей степени с блеклой рудой и энаргитом.

Аргентит. Представлен мельчайшими включениями в галените.

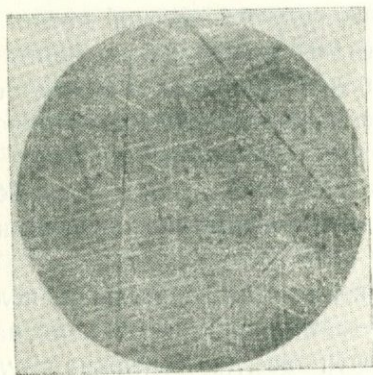
Сфалерит. Развита широко, но в незначительном количестве. Приурочен к халькопиритовым, пиритовым и карбонатно-сульфидным прожилкам. Почти всегда содержит эмульсионную вкрапленность халькопирита, причем характерно, что центральные части агрегатов зерен сфалерита почти совершенно чистые, эмульсионная вкрапленность тяготеет к периферии таких агрегатов. Иногда трещинки дробления пирита заполнены наряду с халькопиритом блеклой рудой и сфалеритом. Очень тесно ассоциируется с галенитом, выделяясь несколько раньше последнего.

Алабандин. Обнаружен впервые К. А. Карамяном. Встречен в тонких жилках, в тесном парагенезисе с пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, реже с блеклой рудой и энаргитом. Иногда алабандин представлен в виде отдельных крупных зерен (до 1 см), нередко зерна имеют вытянутую форму.

Пирротин. Микроскопические выделения пирротина развиваются в сплошных полях пирита и среди его отдельных зерен.

Борнит. Гипогенный борнит получает довольно широкое развитие в рудах Дастакерта. Тесно ассоциируется, главным образом, с халькопиритом, в меньшей степени с пиритом. В сплошных полях борнита наблюдаются выделения сфалерита, энаргита и блеклой руды. Помимо сплошных борнит-молибденитовых и вкрапленных халькопирит-борнит-молибденитовых руд, гипогенный борнит был обнаружен нами в шлифах

и из гранодиоритов (см. выше описание самородного золота). Представлен зернами, в которых постоянно наблюдается (особенно четко с кедровым маслом) тонкая решетка халькопирита (фиг. 61), что свидетельствует о распаде твердого раствора.



Фиг. 61. Шл. 145. Из интрузии, на расстоянии 0,5 км к югу от Центрального участка.

Решетчатая структура распада халькопирита (ср-светло-серые линии) в борните—(во-темно-серое) $\times 800$. Снято в иммерсионной среде.

Очень часто зерна борнита по периферии замещаются ковеллином и халькозином.

Халькопирит. Самый распространенный ценный минерал месторождения. Встречается повсеместно в виде почти мономинеральных тончайших жилок и в жилках с молибденитом и пиритом, во вкраплениях и небольших скоплениях неправильной формы. И. Г. Магакьян отмечает наличие хорошо образованных кристаллов размером до 3—5 мм, иногда создающих целые друзы. Почти все исследователи отмечают присутствие в рудах Даста-

кертa псевдоморфоз халькопирита по пириту. Помимо тесной ассоциации халькопирита с молибденитом, который по времени образования является более ранним, в сплошных полях халькопирита обнаруживается целый ряд гипогенных минералов: пирит, борнит, блеклая руда, сфалерит, самородное золото, галенит, галеновисмутит, арсенопирит, энаргит, медно-висмутовые минералы. В шлифах образцов, взятых даже у поверхности, отмечается очень слабое замещение халькопирита вторичными медными минералами — халькозином, реже ковеллином, которые развиваются в халькопирите тончайшими жилками и реже окаймляют агрегаты его зерен.

Пирит. Распространенный минерал вмещающих пород и относительно редок в ассоциации с другими рудными компонентами. Наблюдается в виде разрозненных кристаллов и их

скоплений в полях халькопирита, выделяясь раньше него (халькопирит проникает по трещинкам в зернах пирита). Относительно редок в парагенезисе с молибденитом.

К. А. Карамян отмечает в рудах месторождения небольшое количество колломорфного пирита, ассоциирующего с халькопиритом и борнитом.

Арсенопирит. О незначительном присутствии арсенопирита, развитого в полях халькопирита и борнита, упоминает Г. О. Пиджян.

Галеновисмутит. Мельчайшие выделения галеновисмутита образуют тесные срастания с халькопиритом; выделяется несколько раньше последнего.

Медно-висмутовые минералы (эмплектит и виттихенит; последний является более распространенным). Развиты, относительно, широко, но в незначительном количестве, главным образом, в полях халькопирита, тесно ассоциируясь с призматическими кристаллами висмутита.

Блеклая руда. Представлена теннантитом, развитым в незначительном количестве в медно-молибденовых прожилках и тетраэдритом, встреченным в участках развития полиметаллического оруденения. Теннантит в виде мельчайших зерен и отдельных скоплений неправильной формы наблюдается большей частью в полях халькопирита и борнита. Менее распространена ассоциация теннантита с энаргитом*.

Люцонит и энаргит. Согласно данным И. Г. Магакьяна, люцонит присутствует в ничтожных количествах ассоциируясь с халькопиритом, главным образом окаймляя агрегаты его зерен и выполняя тончайшие жилки внутри его полей. Помимо люцонита в дастакертских рудах присутствует и энаргит, установленный впервые К. А. Карамяном. Развит в незначительном количестве, в срастании с халькопиритом, борнитом, пиритом, иногда с алабандином, создавая в нем мельчайшие включения, а также в полиметаллических жилках.

* По последним данным К. А. Карамяна (34, 35), именно в рудах данной ассоциации были обнаружены самостоятельные германиевые минералы—германит и рениерит и отмечено присутствие германия в виде изоморфной примеси в энаргите.

Гематит. Присутствует в небольшом количестве в порфиритах и гранодиоритах в тесном сростании с магнетитом, замещая его (см. ниже описание магнетита). В отдельных участках развития окисленных руд отмечены зерна магнетита, полностью замещенные вторичным гематитом (мартитизация).

Магнетит. Образует мельчайшую вкрапленность в порфиритах; отдельные небольшие вкрапленники были встречены в интрузии гранодиоритов. Довольно интенсивные выделения магнетита отмечены для участка Мегрили в ассоциации с халькопирит-пиритовыми прожилками.



Фиг. 62. Шл. 158. Штольня 7.

Ксеноморфизм халькопирита по отношению к пириту. $\times 90$.

Лоскутообразные неправильной формы зерна халькопирита ксеноморфны по отношению к магнетиту. Халькопирит проникает вдоль зерен магнетита, обволакивает их и окаймляет, что свидетельствует о более позднем времени выделения халькопирита (фиг. 63).

Повышенное содержание магнетита позволяет считать несколько более высокотемпературными условия образования руд данного участка.



Фиг. 63. Шл. 184. Мегри-ли. Халькопирит (ср) заполняет промежутки между зернами магнетита (ml) и окаймляет их агрегаты. $\times 46$.

б) МИНЕРАЛЫ ЗОНЫ ВТОРИЧНОГО СУЛЬФИДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ

Представлены халькозином, ковеллином, борнитом; присутствуют в небольших количествах, замещая в основном первичные медные сульфиды по периферии агрегатов зерен и по тончайшим и волосяным жилкам внутри их полей. Сравнительно более широко развиты в рудах из отдельных участков зон нарушения.

в) МИНЕРАЛЫ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ

Следующие минералы обнаружены в зоне окисления всех участков месторождения*

Самородная медь	Cu
Куприт	Cu_2O
Медно-марганцовая руда*	$n\text{CuO} \cdot n\text{MnO}_2 \cdot p\text{H}_2\text{O}$
Лимониты	$(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Карбонаты:* кальцит	$\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$
анкерит	$2\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{FeCO}_3$
Карбонаты свинца и цинка	
церуссит?	$\text{PbO} \cdot \text{CO}_2$
смитсонит?	$\text{ZnO} \cdot \text{CO}_2$

Малахит
Азурит
*Галлуазит
*Аллофан
Хризоколла
*Гипс

Англезит
*Халькантит
*Копиапит
*Ярозит
Ильземанит
Ферримоллибдит

$2\text{CuO} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 $3\text{CuO} \cdot 2\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
 $\text{CuO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$
 $\text{CaO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{PbO} \cdot \text{SO}_3$
 $\text{CuO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SO}_3 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$
 $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
 $\text{MoO}_3 \cdot \text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{MoO}_3 \cdot 7,5\text{H}_2\text{O}$

Самородная медь. Незначительные скопления самородной меди, развитые по плоскостям отдельности измененных порфиритов, отмечены в приповерхностных условиях, в ряде штолен (№ 2, 3, 7). Образует ветвистые дендриты и почти всегда присутствует в тесной ассоциации с малахитом и купритом.

Куприт. Корочки и примазки куприта были встречены в устьевых частях штолен Центрального участка, в сростании с самородной медью и малахитом. Помимо налетов и корочек М. П. Исаенко обнаружена очень редко встречающаяся разновидность куприта — халькотрихит, развитая в виде небольших друз волосовидных кристаллов.

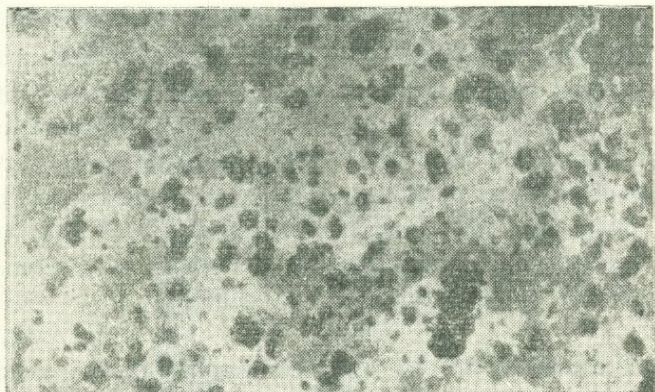
Медно-марганцовая смоляная руда. Наблюдается в виде часто встречающихся слабых налетов и отдельных точечных округлых выделений на многочисленных захороненных трещинках и измененных порфиритах. Минерал чрезвычайно хрупкий. Порошок минерала с бурой дает перл на марганец. Качественная реакция на медь положительная. В изломе обнаруживается концентрически-слоистое сложение. Ограниченность материала лишает возможности изучить минерал более детально.

Частью мельчайшие оспенные выделения медно-марганцовой смоляной руды «сидят» на колломорфной корке малахита.

Лимониты. На всех участках рудной полосы значительных скоплений водных окислов железа не наблюдается. Все лимонитовые образования представлены в виде тончайших

* Минералы, обнаруженные впервые в месторождении автором.

корок, слабых налетов, заохренности полостей, заохренности по трещинам отдельности, псевдоморфоз по пириту и каемок замещения вокруг скоплений халькопирита. Таким образом, можно констатировать присутствие как остаточных лимонитов, образующихся в результате частичного и, что реже, полного замещения первичных сульфидов, так и «переотложенных» лимонитов, о чем свидетельствуют корки и налеты по плоскостям отдельности и вдоль трещинок во вмещающих порфиритах.



Фиг. 64. Обр. 210. Участок № 3.
Оспенные выделения медно-марганцевой руды
на малахитовой корочке. $\times 14$.

Почти для всех лимонитовых образований характерна желтая окраска со слегка красноватым оттенком, и только на участке Мегрили, наряду с желтоватыми плотными охристыми образованиями отмечаются красноватые рыхлые налеты с частыми переходами к ярозиту. В случае изменения халькопирита с подчиненным присутствием пирита, образуется смоляная разность, в тонких осколках просвечивающая кроваво-красным цветом, с колломорфной структурой. На тонких корочках смоляного лимонита наблюдается ярозит.

Карбонаты*. Кальцит встречен в ряде мест на всех участках месторождения: Центральном (шт. № 2, 3 и др.),

* По-видимому, большая часть карбонатных скоплений является первичными жильными минералами.

Ял-юрт и др. Наблюдается большей частью в виде корочек; также заполняет трещинки и пустотки в разрушенных, ожелезненных порфиритах.

Наибольшее количество карбонатных образований в форме прожилков и неправильных выделений наблюдалось в шт. № 3 (Центральный участок), вблизи устья. Окраска карбоната здесь белая, со слабым желтоватым оттенком. Сложение плотное, массивное. При раскалывании обнаруживается зернистое строение с ромбоэдрическим габитусом крупных зерен. Показатель преломления $N_m = 1,657$. Данные химического анализа минерала приведены в нижеследующей табл. 26 (аналитик М. М. Стукалова, ВСЕГЕИ, Ленинград).

Таблица 26

№ обр.	Компоненты	Данные анализа
193	SiO ₂	0,28
	FeO	0,68
	Fe ₂ O ₃	нет
	CaO	54,06
	MgO	0,05
	MnO	1,43
	П. п. п.	43,65
	Сумма	100,15

Минерал с таким составом отвечает кальциту. Результаты спектрального анализа минерала приведены в табл. 27.

Таблица 27

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа в %	Элементы
193/47	Кальцит	много	Ca
		1	Mn, Mg
		0, X	Fe, Sr
		0,1	Si
		следы	Pb, Cu, Al
		ничт. следы	Ag, Ti

Содержание марганца (1%), возможно, обязано примеси медно-марганцовой смоляной руды, развитой в виде микроскопических точек на кальцитовых корочках.

Нередко на крупнокристаллическом кальците нарастают почки—сферолиты, состоящие из радиально-лучистых чрезвы-

чайно тонких иголочек. Окраска сферолитов молочно-белая. При действии иглой они легко разрыхляются. Почки не обнаруживают перехода к подстилающей их основной кальцитово-вой массе. Под микроскопом заметно сильное загрязнение агрегата тонкоигольчатых кристаллов землистым веществом. Показатель преломления тонкоигольчатого карбоната, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_m = 1,681$.

В пустотках сплошного кальцита сидят почки малахита, на которых, в свою очередь, нарастают желтовато-белые корочки тонкокристаллического кальцита.

Анкерит*. В отвалах канав участка Ял-юрт довольно часто встречаются карбонатные корочки с ясно кристаллическим сложением. Габитус кристаллов ромбоэдрический. Окраска белая, желтоватая, реже с коричневым оттенком. Иногда почти прозрачный. Толщина корок 3—4 мм. Под микроскопом минерал бесцветный, с типичными для карбонатов дву-преломлением и спайностью. Показатель преломления, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_m = 1,698$.

Данные спектрального анализа чистой разности минерала приведены ниже.

Т а б л и ц а 28

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа в %	Элементы
164/47	Анкерит	очень много ~ 10 0, X 0,1 ~ 0,01 ~ 0,001	Ca, Mg Fe Si Mn Sr, Al Cu, Ti, V

Из примесей интересны следы ванадия и стронция. Оптические данные и качественное определение состава минерала спектральным анализом позволяют отнести минерал к анкериту.

* Как указывалось выше, возможно анкерит является гипогенным минералом

Кое-где по плоскостям граней кристаллов анкерита отмечается почкообразная хрупкая медно-марганцовая смоляная руда.

Церуссит (?) и смитсонит (?). Отмечены только для полиметаллического оруденения, тяготеющего к рудному полю Дастакертского медно-молибденового месторождения. Встречены только под микроскопом в ничтожном количестве. Замещают галенит и сфалерит по периферии зерен.

М а л а х и т. Широко распространенный, самый обычный гипергенный минерал всех участков месторождения. Форма отложения минерала: а) выделения по плоскостям отдельности вмещающих порфиритов и нередко оруденелых в той или иной степени пород интрузии; иногда площади полей почти сплошной «малахитизации» пород достигают порядка нескольких м²; б) выполнение тончайших трещинок и заполнение пустот; иногда малахит вместе с азуритом как бы цементирует гидротермально измененные ожелезненные вмещающие породы (участок № 3); в) тончайшие корочки, налеты, микроскопические агрегаты лучистых кристаллов в прожилках, вкрапленниках и скоплениях гипогенных и гипергенных медных минералов.

В мельчайших агрегатах радиально-лучистых кристаллов очень часто отмечается непостоянство в окраске минерала: в центральных частях малахит обычно ярко-зеленый, к периферии почти белый, причем переход в окраске иногда резкий, но чаще постепенный. Возможно, обесцвечивание минерала зависит от частичной его дегидратации.

В открытых небольших полостях развиваются коллоидные, почкообразные корочки малахита, на которых часто наблюдаются оспенные выделения смоляной разности лимонита и медно-марганцовой руды.

С азуритом и в меньшей степени с хризоколлой минерал дает тесные сростания. В штучках канав участка Ял-юрт наблюдались пустотки, выполненные корочками коллоидного малахита, и на них небольшие пучки кристалликов азурита.

Данные спектрального анализа малахита приведены в следующей табл. 29.

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа в %	Элементы
215 а	Малахит	очень много много 0, X 0, 01 следы ничт. следы	Cu Si Al Y, Ba, Fe Be, Mo, Ca, Mg, Mn, Ti Ag, Ni

Возможно, повышенное количество кремния связано с загрязнением малахита хризоколлой. Из примесей обращают на себя внимание барий.

Азурит. Распространенный минерал месторождения, но по количеству значительно уступает малахиту. Наблюдается в виде тончайших корочек, налетов, выделений с неправильными очертаниями и реже в виде микроскопических скоплений радиально-лучистых кристаллов. Обычная окраска минерала темно-синяя, иногда светло-голубая. Почти всегда тесно ассоциируется с малахитом, причем, судя по наличию кристаллических агрегатов азурита на корочках малахита, последний выделился несколько раньше азурита.

Галлуазит. Довольно часто встречается в штуфах отвалов канав участка Ял-юрт и более редок на Центральном участке. Образует небольшие корочки толщиной не более нескольких мм, на поверхности которых заметны трещинки дегидратации. Сложение плотное, каолиноподобное. В воде делается более прозрачным. При действии иглой легко разрыхляется. Окраска белая, кремовая, желтоватая. Блеск матовый. Излом плоско-раковистый. Изотропен. Показатель преломления, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_m = 1,511$.

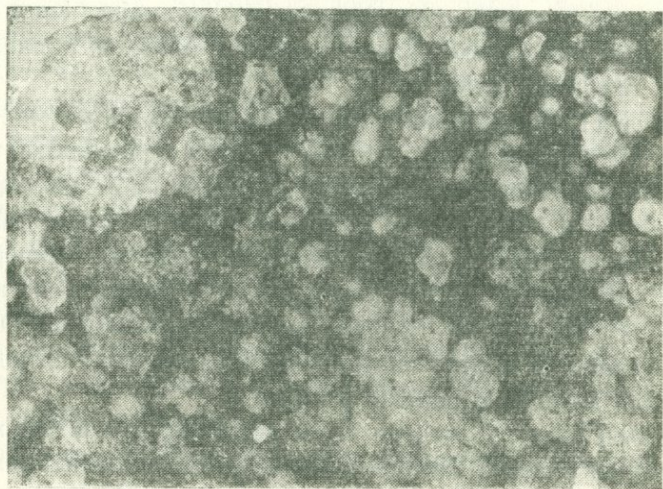
Результаты спектрального анализа минерала:

Таблица 30

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа в %	Элементы
166/17	Галлуазит	Очень много много 0, X	Si Al, Cu Fe Ca, Mg, Ti

Примесь Fe объясняется загрязнением лимонитом.

Аллофан. Встречен в значительном количестве в отвалах канав и обнажениях поверхности участка № 3 и вблизи устья штольни 3 (Центральный участок). Форма отложения — микропочковидные корочки и сталактитообразные выделения в свободных полостях трещин отдельности (фиг. 65). Размер почек в поперечнике от долей мм до 2 мм. Толщина корочек не больше 2—3 мм.



Фиг. 65. Обр. 193. Устье штольни 3. Почкообразные выделения аллофана (белое) в пустотках трещиноватого порфирита. $\times 4$.

Окраска бирюзово-синяя, голубовато-серая, голубовато-зеленая, небесно-голубая, голубовато-белая, иногда в центральных частях отдельных почек молочно-белая. Хрупкий, с раковистым изломом. Блеск стеклянный, у натечной разности эмалевидный. В тонких осколках почти прозрачный. В воде в холодном состоянии и с подогревом не разлагается. В HCl без вспучивания медленно распадается, образуя подобие студня. Изотропен. Показатель преломления, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_m = 1,480$.

Результаты спектральных анализов двух образцов минерала следующие:

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа в %	Элементы
192/47	Аллофан (голубовато-серый)	очень много много ~ 0,1 ~ 0,0X ~ 0,01 следы незн. следы	Al, Si Cu Fe Zn, Mn Sr, Mg Be, Pb Mo, Ti
212/74	Аллофан (бирюзово-синий)	очень много ~ 10,0 ~ 0,1 0,0X ~ 0,01 следы незн. следы	Al, Si Cu Ca Mg Fe Ba, Ni, Mo, Mn Ti

Из примесей обращают на себя внимание Be, Ni.

Соотношение со смоляной разностью лимонита и с малахитом, в ассоциации с которыми был встречен аллофан, свидетельствует о его выделении позже смоляного лимонита и несколько раньше малахита. Однако и на корочках малахита, развитых на аллофане обнаруживаются микроскопические точечные выделения смоляного лимонита.

Хризоколла. И. Г. Магакян отмечает присутствие хризоколлы. Нами чистая разность минерала нигде не наблюдалась.

Гипс. Встречается довольно редко по плоскостям трещин отдельности и в небольших пустотках. Образует тонкопластинчатые агрегаты с включениями желтого охристого материала.

Англезит. Обнаруживается под микроскопом в шлифах из жилок полиметаллического участка Дастакертского месторождения. Замещает галенит и вместе с ковеллином образует около него концентрически-слоистые оторочки.

Халькантит. Встречен в небольшом количестве в виде тонких, голубовато-белых налетов на обохренных штуфах отвалов всех участков рудного поля.

Копиапит. ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SO}_3 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$). Встречен у штольни 6 (участок Ял-юрт). Приурочен к участку нацело измененных порфириров, сильно осветленных, каолинизированных. Представлен микросферолитами и тонкими налетами. Сложение

рыхлое, иногда более плотное. Блеск восковой. Под микроскопом слюдоподобен, с яркими цветами интерференции. Погасание прямое, в некоторых зернах волнистое. Удлинение положительное. Показатели преломления, измеренные по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_p \geq 1,526$ и $N_g = 1,577$. В холодной воде медленно растворяется. Наличие копипита, по-видимому, связано с несколько повышенной пиритизацией данного участка; окисление пирита приводит к образованию окисного чисто железного сульфата. Растворимость в воде и малая устойчивость являются причинами отсутствия значительных скоплений минерала.

Ярозит. Обнаруживается на всех участках рудного поля, но в весьма незначительных количествах; для месторождения не характерен. Несколько повышенное количество ярозита наблюдалось в отвалах канав участка Ял-юрт в виде корочек на многочисленных штуфах сильно пиритизированных порфиритов.

Ярозит образует корочки и тонкие налеты по трещинам отдельности. Кроме того, он выстилает стенки ноздреватой, окварцованной породы и развивается на остаточном пирите в пустотках выщелачивания. Окраска светло-желтая, иногда с коричневым оттенком. Сложение плотное. Поверхность корочек микробугорчатая, почковидная; в поперечном сечении корочек иногда намечается колломорфное строение. Показатели преломления, измеренные по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_p \approx 1,714$; $N_m \gg 1,780$. Качественная реакция на SO_3 положительная. Данные спектрального анализа минерала приведены в табл. 32.

Таблица 32

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа в %	Элементы
170	Ярозит	Очень много много 0,X 0,0X	Fe, Si Na Cu, Ca, Al, Mg Sr, Mn, Ti

Повышенное содержание кремния объясняется, по-видимому, примесью кварца. Повышенное содержание натрия позволяет отнести ярозит Дастакерта к натроярозиту.

Ильземанит. По данным В. Г. Грушевого, присутствует в виде редких черных порошковатых налетов на поверхности молибденита.

Ферримолибдит. Редкий минерал месторождения, встреченный на Центральном участке в обнажениях у устья штолен 2 и 3. Образует тонкие налеты на молибденитовых выделениях вдоль заохренных трещин в порфиритах. Отдельные иголки ферримолибдита и их небольшие скопления наблюдаются и в обохренных трещинках без видимого молибденита. В условиях свободного роста (небольшие пустотки) образовались почкообразные корочки из агрегатов спутанно-микроволокнистых тонких иголочек. В этом случае корочки носят характер уплотненной массы. Окраска минерала обычно ярко-желтая, но часто от тесного срастания с охристым лимонитом меняется до желто-коричневой.

5. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЗМА РУДНИЧНЫХ ВОД

Наряду с общим изучением гидрогеологических условий медно-молибденовых месторождений, Н. И. Долухановой изучены и рудничные воды рудного поля Дастакертского месторождения. Ниже приводится очень краткая их характеристика, в основном по данным Н. И. Долухановой.

Наиболее существенным моментом, влияющим на степень обводнения участков рудного поля, являются выпадающие атмосферные осадки и трещиноватость пород. Последние создают условия для образования отдельных обводненных участков, но наряду с ними имеются и совершенно сухие участки. Наиболее интенсивно обводнены штольни нижних горизонтов.

Ниже в табл. 33 приводятся интервалы содержаний различных компонентов в пробах рудничных вод месторождения. Минерализация и содержание отдельных компонентов в анализах воды капезных проб несколько выше, чем в остальных пробах. Сборные пробы, по-видимому, имеют смешанный состав.

Данные всех анализов свидетельствуют о том, что рудничные воды месторождения являются гидрокарбонатно-кальциевыми, в отдельных случаях гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевыми.

Таблица 33

Интервалы содержания различных компонентов в пробах рудничных вод Дастакертского месторождения
(в мг/л)

(аналитик химлаборатории ИГН АН АрмССР Э. А. Кюреган)
по сборам Н. И. Долухановой

	Na+K	Ca	Mg	Fe'''	Fe''	Cu	Zn	Cl	SO'' ₄	HCO ₃	MoO ₄	pH	H ₂ S	SiO ₂	Сухой остаток
Капез	1—8	23—96	10—25	4—20	2—6	0—1	нет	сл.—7	53—91	134—219	0,2—3	7,5—7,7	нет	14—20	219—421
Притоки	0,9—6	30—61	7—22	0,8—23	0—11	сл.—6	нет	сл.—7	37—86	98—120	0,2—4	7,3—7,7	нет	10—25	166—315
Сборные пробы	сл.—6	26—81	9—25	сл.—30	0—26	0—09	нет	0,7—22	27—186	69—256	0,2—8	7,2—7,7	нет	10—24	160—481

Содержание меди колеблется в пределах от 0 до 6 мг/л. Во всех пробах присутствует Mo в интервале от 0,2 до 4 мг/л.

Величина pH колеблется в малых пределах 7,2—7,7 и, таким образом, воды являются нейтральными, слабощелочными.

С увеличением минерализации повышается и сульфатность вод.

Между содержанием молибдена и иона $SO_4^{''}$ существует прямая зависимость.

Наибольшая минерализация отмечена для сборных проб (160—481 мг/л), наименьшая — для притоков (166—315 мг/л).

6. К ВОПРОСУ О ПОВЕДЕНИИ МЕДИ И МОЛИБДЕНА В ЗОНЕ ОКИСЛЕНИЯ

Изучение минералогии гипергенных образований Дастакерта и их распространенность позволяют сделать некоторые выводы по вопросу о поведении ведущих металлов в зоне окисления месторождения.

На Центральном участке процессы эрозии значительно опережают процессы накопления окисленного материала. Этот фактор является главным, в силу которого мы на месторождении отчетливо выраженной зоны окисления, в сущности, не наблюдаем.

Данные химических анализов, свидетельствующие об изменении содержания основных компонентов по простиранию и на глубину, позволяют считать, что роль всех окисленных минералов в общей рудной массе очень невелика, и что явления выщелачивания развиты только в самых приповерхностных частях месторождения.

Целый ряд определений в пробах руды из штолен № 5, 7, 16, на содержание «окисленной» меди и молибдена показывает полное отсутствие «окисленного» молибдена, а содержание «окисленной» меди колеблется от следов до 0,18%. Данные анализов проб свидетельствуют, что если в отношении медных минералов наблюдается их частичное окисление (в анализах устанавливается «окисленной» меди в пределах от «следов»

до 0,18%), то, по-видимому, молибденит почти совершенно не несет следов изменения («окисленный» молибден в данных анализах отсутствует).

Из первичных медных минералов развиты халькопирит, в меньшей степени гипогенный борнит, очень редкие медно-висмутовые минералы, теннантит, люционит, энаргит. Минералы зоны вторичного сульфидного обогащения в просмотренных шлифах отмечаются лишь спорадически. Таким образом, на месторождении ясно выраженная зона вторичного сульфидного обогащения отсутствует. Присутствие же окисленных минералов меди (малахит, азурит, сложные соединения меди и марганца) говорит об изменении первичных сульфидов и образовании легко растворимого сульфата меди (CuSO_4), но его миграция и выщелачивание, а отсюда и изменение в содержании Си, не играют существенной роли в оценке перспективности месторождения.

Что касается поведения молибдена, его рассеивания и выщелачивания, то данные минералогических наблюдений свидетельствуют о его некоторой миграции. Прежде всего, факт обнаружения только основного водного молибдата железа — ферримолибдита, даже и в столь небольших, почти минералогических количествах, свидетельствует о некоторой окисляемости молибденита, несмотря на его относительную устойчивость. Тщательный просмотр скоплений ферримолибдита выявляет следующее:

1. Наряду с развитием ферримолибдита непосредственно на скоплениях агрегатов молибденита, мельчайшие иголки минерала рассеяны по плоскостям заохренных трещин отдельности без видимого первичного сульфида молибдена.

2. Имело место выпадение и образование ферримолибдитовых корочек в пустотках в условиях свободного роста.

Все вышеперечисленное позволяет предполагать известный перенос и миграцию молибденовых сложных соединений, возникающих при окислении молибденита.

О рассеивании молибдена в зоне окисления говорят и данные спектроскопического анализа различных гипергенных образований и данные анализов рудничных вод месторождения. В спектрограммах образцов малахита и аллофана были отмечены линии, отвечающие содержанию 0,01—0,001% мо-

либдена. Аналогично Каджарану, Агараку и Анкавану, в гипергенных образованиях которых также почти всегда спектроскопически устанавливается молибден, последний входит в состав некоторых немolibденовых минералов Дастакерта.

В рудничных водах месторождения постоянно присутствует MoO_4 в незначительных количествах (от 0,2 до 4 мг/л), но все же в сумме, согласно данным Н. И. Долухановой, в год вынос металлического молибдена рудничными водами на дневную поверхность составляет 157 кг (при суточном дебите 704 тыс. л.).

V. МИНЕРАЛОГИЯ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ АНКАВАНСКОГО (МИСХАНСКОГО) МЕДНО- МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

1. ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАМБАКСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

Памбакский рудный район расположен в пределах одноименного хребта в Центральной Армении, на территории Разданского и частично Кироваканского районов, на довольно значительном расстоянии к северу от описанных выше рудных районов.

Особенности геологического строения и металлогении района наиболее детально изучены и подробно освещены в работах В. Н. Котляра.

В орографическом отношении район относится к высокогорным, с хорошо расчлененным рельефом. Климат умеренный, влажный, характеризуется большим количеством осадков.

По В. Н. Котляру, в строении Памбакского района принимают участие толщи пород от допалеозойского до четвертичного возраста. Наиболее древними породами являются метаморфические сланцы, переслаивающиеся с мраморизованными известняками и вулканогенными толщами. На основании косвенных соображений возраст этих пород определяется как кембрийский — докембрийский. Более молодые отложения представлены конгломератами, мергелями и песчаниками сеномана и турона, мергелистыми известняками сенона и мощными вулканогенными толщами эоцена и олигоцена.

Вулканизм района характеризуется сложной историей. Выделяются три эпохи интрузивной деятельности и связанной с ними металлогении. К первым двум, имеющим нижне- и среднепалеозойский возраст, отнесены интрузивы основного состава (серпентиниты, габбро-амфиболиты, габбро-диабазы и диабазы) и интрузии лейкократовых плагиогранитов и микроклиновых гранитов.

К третьей — верхне-эоценовой — эпохе относятся три группы интрузий: 1) комплекс монцонитов и гранодиоритов; 2) порфировидные граниты и сиениты и 3) комплекс интрузивов щелочной группы.

Металлоносность более древних интрузий проявлена слабо. Возможно, что с ними связаны некоторые проявления золотоносности и медного оруденения, а также ничтожные проявления хромитового оруденения. Гораздо более отчетливо проявлена металлоносность верхнеэоценовых интрузий, причем наибольшее количество рудопроявлений связано с комплексом гранодиоритов и монцонитов. Главный интерес из этих рудопроявлений представляют месторождения типа колчеданных залежей (Тандзут), контактово-метасоматические и гистеромагматические месторождения железа и описываемое ниже Анкаванское (Мисханское) медно-молибденовое месторождение. Резко подчиненную роль играют другие проявления медного, полиметаллического и низкотемпературного (реальгар, аурипигмент) оруденения.

2. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

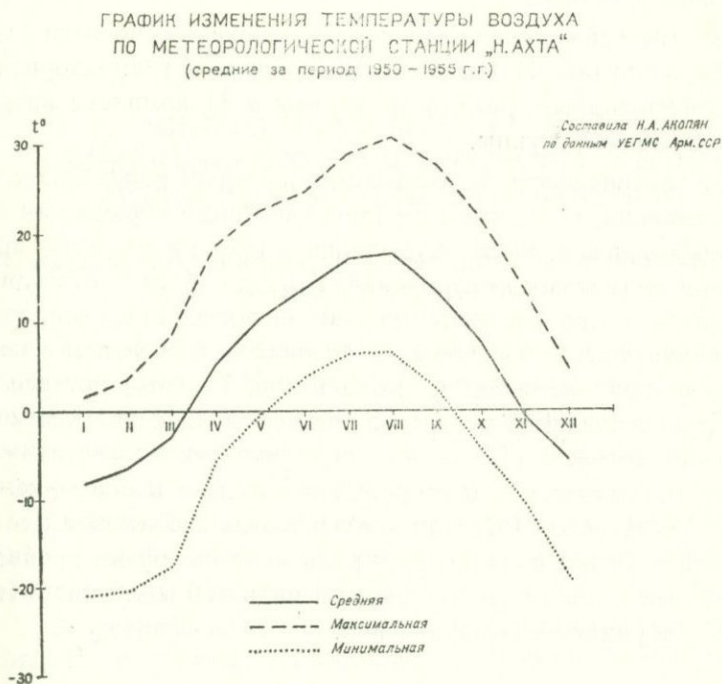
Анкаванское (Мисханское) месторождение входит в так называемый Памбакский рудный район центральной части Армении.

Месторождение расположено в Разданском районе у с. Анкаван (Мисхана). С ближайшей ж.-д. ст. Кировакан месторождение связано тяжелой выючной тропой, пересекающей труднодоступный Маймехский перевал. С районным центром Раздан (Ахта) месторождение связано проселочной дорогой.

Абсолютная высота рудного поля колеблется в пределах 2000—2100 м. Все участки месторождения расположены на

южных склонах Памбакского хребта и тяготеют к верховьям бассейна р. Маман, являющейся притоком р. Раздан.

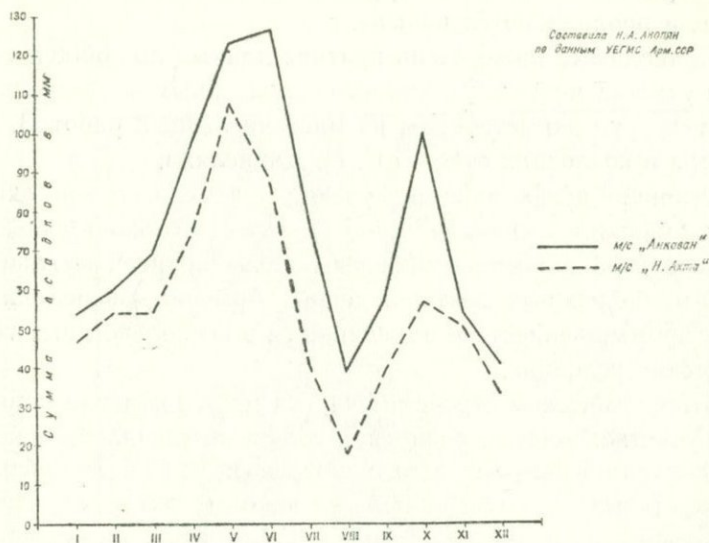
Климатические условия района месторождения приближаются к климату зон альпийских высот: лето прохладное, зима относительно мягкая. Снег держится в течение шести месяцев. Нижеследующие графики (фиг. 66, 67) иллюстри-



Фиг. 66.

руют изменения температуры воздуха по наблюдениям метеорологической станции «Н-Ахта», тяготеющей к району месторождения и количеству выпадающих осадков по наблюдениям метеорологического поста, находящегося на участке месторождения. В самые жаркие месяцы (июль-август), среднемесячная температура воздуха достигает $+17,5^{\circ}\text{C}$, в самые холодные месяцы (январь-февраль) падает до -8°C . Осадки значительны. В год их сумма достигает 900 мм и, таким образом, район месторождения можно отнести к области со сравнительно большим количеством осадков.

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ ПО МЕСЯЦАМ
ПО ДАННЫМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ „Н. АХТА“ И „АНКАВАН“
(средние за период 1950–1955 г.г.)



Фиг. 67.

Месторождение известно с давних пор (первая половина XIX столетия), о чем свидетельствуют древнегреческие выработки. В начале XX столетия на месторождении проводились небольшие разведочные работы. В 1931—1932 гг. Закавказский геолого-разведочный трест провел геологическую съемку и довольно детальную разведку месторождения, восстановив старые и пройдя ряд новых штолен и буровых скважин. Работами руководил В. Н. Котляр. Помимо работ 1931—1932 гг., в 1938 и 1939 гг. В. Н. Котляр снова произвел ревизию месторождения с проведением шлихового опробования всего прилегающего к месторождению района. В результате всех работ им составлен целый ряд детальных отчетов по месторождению и всему району в целом.

В 1952 г. разведочные работы на месторождении были вновь возобновлены АрмГУ (начальник партии С. Н. Даниелян), причем главное внимание было направлено на разведку оруденелых кварцевых диоритов. На развитие рассеянного прожилково-вкрапленного оруденения в кварцевых диоритах

в ущельях Дамир-Магара и Намазелян, было обращено внимание еще во время работ 1931—1932 гг., но крупные разведочные работы на этот тип оруденения были начаты только в 1952 г. и продолжаются поныне.

Приводимые ниже очень краткие данные по общей геологии участка месторождения, его структурным особенностям и составу руд заимствованы из многочисленных работ В. Н. Котляра и последних отчетов С. Н. Даниеляна.

Основной целью нашего изучения минералогии зоны окисления Анкавана являлся сбор данных необходимых для сравнительной характеристики зоны окисления всех остальных медно-молибденовых месторождений Армении, переданных уже в промышленность и находящихся в несколько иных геологических условиях.

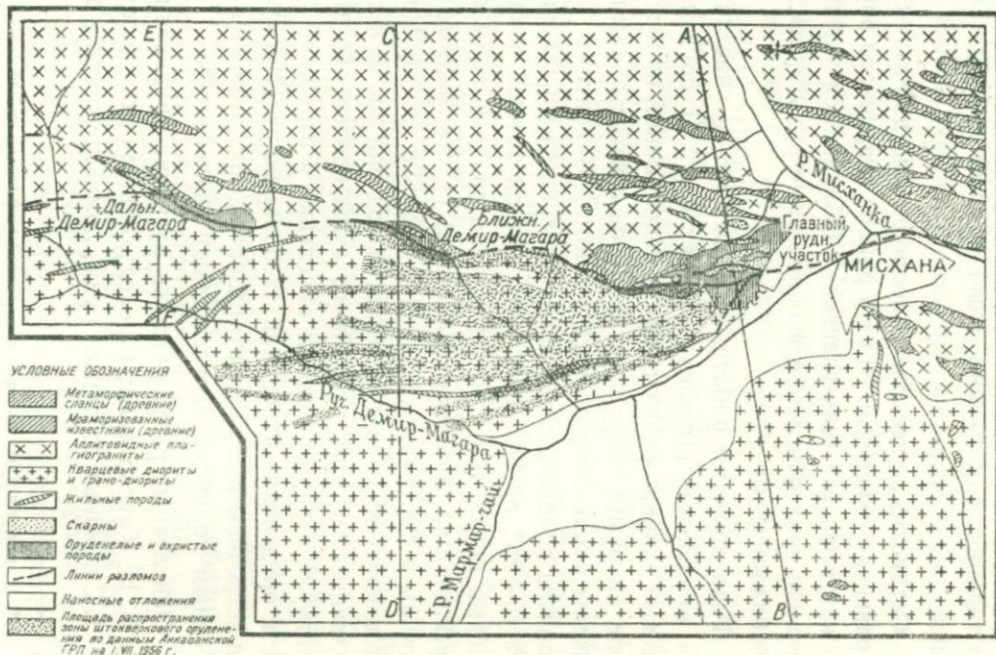
В геологическом строении участка месторождения принимают участие: мощная сланцевая толща нижнепалеозойского или допалеозойского возраста и прорывающие ее палеозойские лейкократовые плагиограниты и породы интрузии кварцевых диоритов верхнего эоцена. В контактных зонах лейкократовых гранитов с древней толщей отмечается мраморизация, в зонах же контакта интрузии кварцевых диоритов и допалеозойских известняков развиты гранатовые скарны и эпидотизированные породы. Основное медно-молибденовое оруденение Анкавана приурочено к скарнам, образовавшимся в результате метаморфизма известняков и к штоку слабо измененных кварцевых диоритов (фиг. 68).

Все участки месторождения находятся в пределах северного крыла Мисхано-Арзаканской антиклинали и приурочены к контакту пород древней толщи и плагиогранитов с породами интрузии кварцевых диоритов. С этим контактом, простирающимся в широтном направлении, совпадает и зона третичного регионального разлома (Мисханский надвиг). Последние данные П. Д. Яковлева, занимавшегося вопросами структуры и генезиса Анкаванского месторождения, свидетельствуют, о том, что «Мисханским надвигом» в сущности является «целая зона разлома, с несколькими системами крупных тектонических трещин вдоль контакта кварцевых диоритов с докембрийскими породами».

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РАЙОНА МИСХАНСКОГО МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

м 100 0 100 200 300 400 м

По В. Н. КОТЛЯРУ



Фиг. 68.

В рудном поле широко развит жильный комплекс, породы которого согласно исследованиям П. Д. Яковлева формировались в следующей последовательности: аплиты, пегматиты, гранит-порфиры, граносиенит-порфиры, гранодиорит-порфиры, лампрофиры. Наибольшим развитием пользуются дайки гранодиорит-порфиров преимущественно северо-восточного простирания, с которыми тесно связана локализация оруденения.

Остановимся несколько подробнее на данных, касающихся развития окисленных руд в районе скарнового оруденения, так как именно в этих участках* наблюдается хорошо проработанная зона окисления и окисленные руды здесь являются преобладающими.

Разведочными работами разных лет в участках скарнового оруденения выявлено следующее: а) оруденелые гранатовые скарны, развиты почти непрерывной полосой на контакте интрузии кварцевых диоритов с известняками и расположены вдоль Мисханского разлома, б) контакт кварцевых диоритов пологий, падающий в северном направлении под углом $15-25^\circ$, в) большая часть рудной залежи охвачена процессами окисления, причем нижняя граница зоны окисления опускается на глубину от 40 до 60 м, г) сульфидные руды приурочены к прогибам контакта, д) только для небольших участков зоны окисления выделяется подзона поверхностного выщелачивания; зона вторичного сульфидного обогащения отсутствует, а характер зоны окисления в отношении интенсивности оруденения выдержан. Небольшие участки сульфидных руд встречены в глубоких горизонтах, представлены скарнами с бедным молибденовым и медным оруденением.

Окисленные руды участков развития оруденения в скарнах В. Н. Котляра делит на следующие разновидности:

1. Сплошные охристые руды, доминирующие в зоне окис-

* В настоящее время на месторождении выделяют следующие участки: 1) Центральный (ущелье Дамир-Магара), 2) Главный (Восточный), 3) Дальняя Дамир-Магара, 4) Ближняя Дамир-Магара, 5) Намазелян.

На участках Главном, Дальняя и Ближняя Дамир-Магара оруденение приурочено к скарнам, на участках Центральном и Намазелян — к массиву кварцевых диоритов.

ления и состоящие из окислов железа, иногда с налетами малахита и азурита;

2. Купритовые, наблюдаемые в виде небольших отдельных скоплений (встречены на Главном участке).

3. Малахито-азуритовые руды, приуроченные к верхним частям зоны окисления Главного участка.

Помимо окисленных руд выделяются еще полуокисленные, в которых первичные сульфиды изменены частично.

Данные поисково-разведочных работ, проведенные на Центральном участке, свидетельствуют о наличии в массиве слабоизмененных кварцевых диоритов довольно выдержанной минерализованной зоны СВ близширотного простираения. Протяженность зоны по простираению больше 2 км, при ширине 500 м и больше. Общая минерализация всей зоны слабая, но в ней выделяется ряд подзон (с более богатым содержанием металлов, главным образом, молибдена), протягивающихся вдоль тектонических нарушений и вдоль контактов даек*. Преобладающее простираение большинства подзон СВ, близширотное. Мощность их колеблется от 15 до 100 м, падение крутое С—СЗ $\angle$ 60—75°. Оруденение в подзонах (или, как их иначе называют рудных телах), да и всей минерализованной полосе выражено многочисленными тонкими прожилками, примазками по трещинам отдельности, вкрапленностью, отдельными небольшими скоплениями рудных минералов. В целом характер оруденения очень напоминает типичное штокверково-вкрапленное оруденение. Кварц-сульфидные прожилки, мономинеральные жилки, вкрапленность, выполнены главным образом молибденитом при резко подчиненном значении халькопирита; наряду с этими кварц-сульфидными и молибденитовыми прожилками развиты пиритовые, и реже пирит-халькопиритовые жилки.

Просмотр целого ряда штолен и керн буровых скважин свидетельствует, что зона окисления в участках распространения штокверкового оруденения выражена слабо. Процессами окисления захвачены самые приповерхностные участки; глубина распространения окисленных руд колеблется в пределах

* В основном, выделение подзон на руднике ведется по результатам химанализов.

15—30 м и реже больше. В сущности, на Центральном участке собственно окисленные руды отсутствуют и даже в приповерхностных условиях руды являются фактически полуокисленными. В них наряду с совершенно неизменными первичными сульфидами присутствуют характерные гипергенные образования: лимониты, карбонаты меди и очень редко, лишь спорадически, повеллит и ферримолибдит. И лимониты и карбонаты меди большей частью развиты в несколько повышенных количествах только в участках сильной трещиноватости пород.

Среди первичных минералов, встреченных на всех участках месторождения, отмечены: молибденит, халькопирит, пирит, магнетит, гематит, борнит, теннантит, марказит, галенит, сфалерит*. Минералы зоны вторичного сульфидного обогащения: халькозин, борнит, ковеллин.

Из минералов зоны окисления широко распространены: лимониты (гидрогётит, стильпносидерит), гидрогематит, малахит, азурит; менее распространены: опал, куприт, хризокolla, ярозит, гипс; редки: самородная медь, медно-марганцовая руда, галлуазит, скородит, лейкохальцит (?), фармакосидерит, халькантит, повеллит, ферримолибдит.

Минералогическая ассоциация и общие геологические условия образования рудного поля Анкавана позволяют все месторождение в целом отнести к контактово-метасоматическому типу с наложением гидротермальной фазы (наложенной на скарны и обособляющейся среди гранодиоритов).

3. ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ

а) МИНЕРАЛЫ ПЕРВИЧНОГО ОРУДЕНЕНИЯ (ТИПОГЕННЫЕ)

Молибденит. Распространенный минерал месторождения. Выделяются две разновидности молибденита: более редко встречающаяся крупночешуйчатая (размер чешуек до 1 см),

* В 1958 г. в результате детальных микроскопических исследований Г. О. Пиджяну удалось в медных и медно-молибденовых рудах Анкавана обнаружить минералы германия—рениерит, германит и оранжевый борнит ? в виде отдельных мельчайших зерен, а также в тесном сростании, главным образом, с теннантитом и частично с энаргитом, борнитом, халькозином и ковеллином.

развитая в зальбандах кварцевых жил, приуроченных, главным образом, к нарушенным зонам вмещающих пород и наиболее распространенная — мелкочешуйчатая (размер чешуек в пределах 1—2 мм), выполняющая кварцевые и мономинеральные молибденитовые прожилки; молибденит в виде редких примазок присутствует и в сильно измененных ожелезненных скарнах. Кварцевые прожилки с тонкочешуйчатым молибденитом секут кварцевые диориты, гранодиорит-порфиры.

Под бинокулярной лупой в сплошных полях лимонита наблюдались остаточные листочки молибденита. Отдельные пластинки молибденита с поверхности залохрены, причем залохренная «пленка» легко снимается иглой. Под микроскопом, в шлифах из этих же образцов при большом увеличении заметно, что по периферии пластинок и по плоскостям спайности молибденит замещается каким-то вторичным минералом, возможно, лимонитом, имеющим неровные границы с молибденитом и как бы разъедающим его зерна.

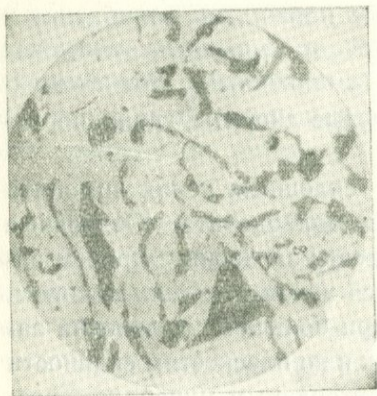
Галенит. Редко встречающиеся незначительные выделения галенита в кварц-сульфидных жилах развиты в полях халькопирита, в тесной ассоциации со сфалеритом.

Сфалерит. Аналогично галениту, сфалерит не получает широкого развития. Наблюдается в кварц-сульфидных прожилках, в полях халькопирита, в ассоциации с галенитом и теннантитом. И галенит, и сфалерит в участках распространения оруденелых скарнов встречены не были.

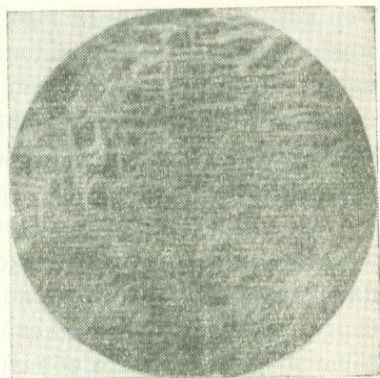
Борнит. Небольшие выделения гипогенного борнита встречены в образцах обнажений и отвалов штолен участков Дальняя и Ближняя Дамир-Магара. Минерал обнаружен в сплошных полях халькопирита в виде червеобразных выделений, создающих графическую, местами субграфическую структуру. Фиг. 69 иллюстрирует остаточную структуру замещения халькопиритом более раннего борнита.

Халькопирит. Широко распространенный минерал в участках оруденелых скарнов и более редок в кварцево-рудных прожилках, секущих кварцевые диориты, гранодиорит-порфиры, аплиты. Чрезвычайно редко встречается близ поверхности в неизменном виде. Обычная форма выделения в оруденелых скарнах:

а) включения халькопирита в ассоциации с молибденитом и пиритом в тонких и реже в более мощных (до 5 см) кварцевых прожилках;



Фиг. 69. Шл. 116/47. Структура остатков от замещения борнита (во) халькопиритом (ср.) $\times 240$.



Фиг. 70. Шл. 81/47. Решетчатая структура распада твердого раствора борнита (во) и халькопирита (ср). $\times 680$ (снято в иммерсионной среде).

б) тонкие короткие жилки, состоящие нацело из халькопирита или из халькопирита и других сульфидных минералов;

в) отдельные вкрапленники скоплений зерен халькопирита с неправильным очертанием в измененных скарнах. Почти всегда халькопирит замещается борнитом, халькозином, ковеллином, колломорфным лимонитом. Замещение идет по периферии зерен и по многочисленным трещинкам с образованием петельчатых микротекстур (фиг. 71).

В кварцевых диоритах, гранодиорит-порфирах, аплитах халькопирит обнаруживается в тонких кварц-сульфидных прожилках, в ассоциации с пиритом, сфалеритом, галенитом, теннантитом, а также в виде отдельных мельчайших вкрапленников в оруденелых вмещающих породах.

Пирит. Самый обычный минерал. Распространен повсеместно, ассоциируется с другими рудными минералами. В отвале штольни 2 (Главный участок) отмечены штуфы измененного скарна с высоким содержанием сильно раздробленного

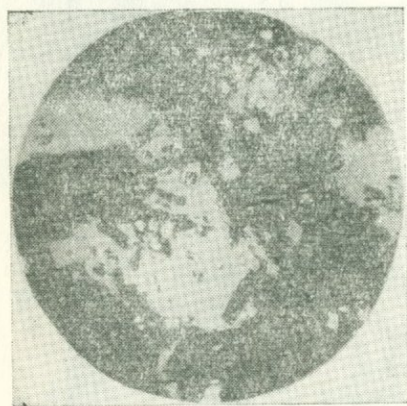
пирита с выделениями халькопирита в трещинах. Пирит сильно раздроблен и обычно замещается лимонитом. В кварцевых диоритах, гранодиорит-порфирах пирит большей частью составляет либо мономинеральные жилки, либо он наблюдается в прожилках, содержащих кроме пирита, халькопирит. Помимо прожилков и небольших скоплений, пирит наблюдается в виде тонкой вкрапленности во вмещающих породах.



Фиг. 71. Шл. 8/47. Отвал штольни 1. Петельчатая микротекстура замещения халькопирита (ср) лимонитом (lm), халькозином (сс) и ковеллином (cv). Внутри трещин развивается лимонит, по периферии халькозин и ковеллин. $\times 240$.

Марказит. Микроскопические выделения марказита были встречены в ряде мест Главного участка, в кварцевых жилках с халькопиритом и пиритом. Под микроскопом халькопирит замещается ковеллином и халькозином по густой сети тончайших жилок и окаймляется минералом кремово-белого цвета. Помимо каемок, отдельные небольшие выделения последнего наблюдались и в полях халькопирита. Твердость, цвет, резкая анизотропность (в скрещенных николях изменяется от синевато-серых до розоватых тонов), слабое побурение от травления HNO_3 (1:1) позволяют считать минерал марказитом.

Теннантит. Редко встречающийся минерал месторождения. В. Н. Котляр (70) отмечает наличие теннантита только в одном шлифе. Нами блеклая руда (теннантит ?) была обнаружена в трех шлифах образцов из коренных обнажений, непосредственно в районе площадок буровых скважин, на Главном участке. Среди сильно окварцованной, пиритизированной породы, наряду с мелкой вкрапленностью молибденита, микроскопически отмечено присутствие теннантита, причем в двух случаях количество его на поверхности шлифа доходит до 5%. Очертания агрегатов зерен неправильные. Границы зерен без следов изменения. На фиг. 72 показаны выделения пирита в сплошном поле теннантита.



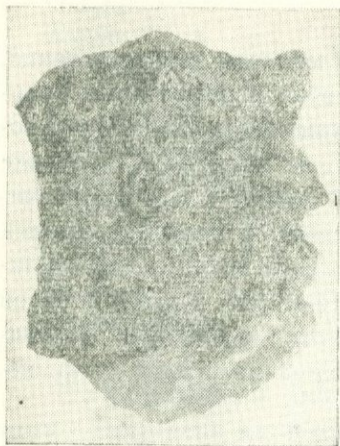
Фиг. 72. Шл. 123/47. Главный участок. Кристаллические зерна пирита (py) среди теннантита (tn). $\times 240$.

Также редки и незначительны выделения теннантита в рудах, слагающих зону штокверкового оруденения в кварцевых диоритах. Отмечен теннантит в ряде шлифов, в тесной ассоциации с халькопиритом и сфалеритом.

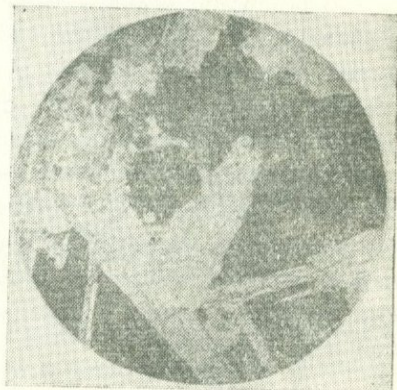
Гематит. Встречается довольно часто на

всех участках месторождения. Нередко образует друзы из пластинчатых кристаллов, хорошо различимых макроскопически, но значительно чаще наблюдается в сплошных массах в тесном срастании с магнетитом. Под микроскопом довольно часто наблюдается мартитизация с образованием субграфических микротекстур замещения и замещение кристаллов гематита магнетитом (мушкетовит).

Первый процесс (мартитизация) является поверхностным, а образование мушкетовита связано с гидротермальным процессом. По-видимому, магнетит, как соединение более бедное кислородом, выделяется позднее гематита и при этом в условиях пониженной концентрации кислорода в растворах. Об-



Фиг. 73. Обр. 108/47. Дальняя Дамир-Магара. Друза мушкетовита, $\times 2$.



Фиг. 74. Обр. 108/47. Дальняя Дамир-Магара. Мушкетовит (светло-серое) в кварце. $\times 17$.



Фиг. 75. Обр. 93/47. Дальняя Дамир-Магара. Характер выделений магнетита (светлое) в скальне. Натур. величина.

разование мушкетовита за счет гематита широко развито в рудах Армении и обычно сопровождается отложением сульфидов (повышается роль серы).

Магнетит. Распространенный минерал месторождения. Наблюдается как акцессорный минерал в оруденелых кварцевых диоритах, в скарнах в сплошных скоплениях (некоторые штUFFы отвалов состоят сплошь из магнетита) и в виде разрозненных небольших выделений (часто с хорошо развитыми кубическими очертаниями зерен). В отвалах штолен Дальняя Дамир-Магара наблюдался ясно полосчатый характер выделений магнетита в скарне (фиг. 75). В ряде шлифов между зернами магнетита наблюдается халькопирит; последний также проникает в отдельные зерна магнетита вдоль небольших трещинок.

б) МИНЕРАЛЫ ЗОНЫ ВТОРИЧНОГО СУЛЬФИДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ

(халькозин, ковеллин, борнит)

Весьма распространенные минералы месторождения. Встречены нами в тех или иных количествах в рудах всех участков. Образуются, главным образом, за счет изменения халькопирита, замещая его по периферии агрегатов зерен и по густой сети трещинок. Иногда халькозин в тесном срастании с ковеллином нацело замещает целые жилки халькопирита; по количеству ковеллин, как правило, сильно уступает халькозину.

в) МИНЕРАЛЫ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ

Следующие минералы обнаружены в зоне окисления всех участков месторождения:

*Самородная медь	Cu
Опал	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (содержание H_2O обычно не превышает 3—9%).
Куприт	Cu_2O
*Медно-марганцовая руда	Скорее всего смесь водных окислов меди и марганца.
Гидрогематит	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot (0-1)\text{H}_2\text{O}$

Лимониты	Гидрогётит	$(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$
	*Стильпносидерит	$(\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Малахит		$2\text{CuO} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Азурит		$3\text{CuO} \cdot 2\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
*Галлуазит		$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot (2+n)\text{H}_2\text{O}$
*Хризоколла		$\text{CuO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
*Скородит		$\text{Fe}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{O}_5 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
*Лейкохальцит (?)		$4\text{CuO} \cdot \text{As}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
*Фармакосидерит		$3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{As}_2\text{O}_5 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$
*Гипс		$\text{CaO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
*Халькантит		$\text{CuO} \cdot \text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Ярозит		$\text{K,Na} \cdot \text{O} \cdot 3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Повеллит		$\text{CaO} \cdot \text{MoO}_3$
Ферримolibдит		$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{MoO}_3 \cdot 7\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$

Самородная медь. Распространена чрезвычайно редко. Встречена на поверхности в виде тончайших сплюснутых пластинок в массе жильного кварца в ассоциации с купритом. Размер выделений самородной меди не превышает 2 мм. В отвалах штольни 3 (Главный участок) довольно часто наблюдались небольшие округлые желваки сплошного куприта с халькозином, в медно-карбонатной оторочке. Размер желваков в поперечнике колеблется от 2 до 4 см. Под микроскопом в куприте, наряду с редкими зернами пирита, установлены мельчайшие точечные выделения самородной меди.

О п а л. На поверхности, в естественных обнажениях всех участков месторождения и в некоторых штуфах отвалов штолен, широко развиты тонкие белые корочки на плоскостях отдельности ожелезненных пород и в пустотках. Толщина корочек не превышает 1—2 мм. Поверхность бугорчатая, пузырчатая. Местами корки «отходят» от подстилающих вмещающих пород. В изломе обнаруживается колломорфная структура, причем отдельные слои легко отделяются друг от друга. Иногда один слой состоит из прозрачной разности, а соседний с ним слой из мутной, совсем непрозрачной. Окраска белая, иногда со слабо-голубоватым оттенком, реже желтоватая. Блеск стеклянный до полустеклянного. Изотропен. Показатель преломления, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_m = 1,440$.

* Минералы установлены впервые в месторождении автором.

Данные спектрального анализа минерала приведены в табл. 34.

Таблица 34

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа в ‰	Элементы
96/47	Опал	Очень много 0,1 0,0X 0,01 следы незн. следы	Si Fe Mg Ca Cu Al, Ti Mn

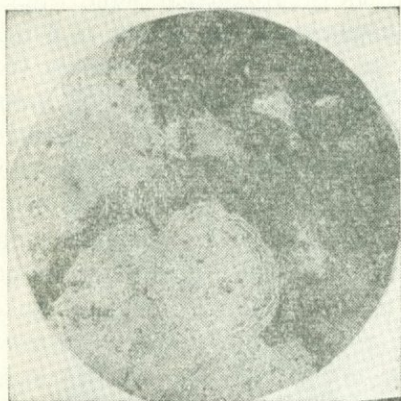
На корочках опала развиваются тончайшие пленки галуазита.

Куприт. В. Н. Котляр наряду с другим типами руд, выделяет собственно купритовые с относительно высоким содержанием меди. Нами куприт был встречен только на Главном участке в небольших количествах: а) в кварцево-сульфидных жилах, в ассоциации с карбонатами меди и самородной медью и б) в небольших желваках, тоже в ассоциации с малахитом, азуриком и самородной медью (см. описание самородной меди).

Центральные части желваков состоят из куприта, в котором развивается самородная медь, затем идет оторочка азурита и, наконец, оболочка желвака состоит из сплошного малахита. В кварцевых жилах куприт, ассоциирующийся с сульфидами, иногда представлен кристаллами; образование их, вероятно, шло в небольших свободных трещинах и полостях.

Медно-марганцовая смоляная руда. Установлена в ряде мест Главного участка и на Дальней Дамир-Магара. Представлена тончайшими натечными корочками. Ассоциируется с малахитом и азуриком. Частью выстилает трещины отдельности в измененных кварцевых диоритах. Толщина корочек не превышает 1 мм. Поверхность их неровная, бугорчатая, почкообразная. Окраска черная. Минерал очень хрупок. Блеск смолистый, в изломе обнаруживается тонкослоистое строение. Под микроскопом в проходящем свете минерал имеет темно-коричневый цвет. В некоторых

участках шлифов центральные части почек состоят из колломорфного опала, затем следует оторочка медно-марганцевой смоляной руды



Фиг. 76. Шл. 60/47. Взаимоотношение малахита (ml) с медно-марганцевой рудой (черное) и опалом (светло-серое). Ник. //. Увел, 137.

и на ней — каемки малахита (фиг. 76). В некоторых образцах отмечается обратная картина: почки, сложенные медно-марганцевой рудой, в центральной части заполнены малахитом.

Данные спектральных анализов медно-марганцевой руды из двух различных участков месторождения приведены в табл. 35.

Обращает внимание обилие примесей и из них наличие Ba, Mo, W, Ni, Ag, Y, Co, что объяс-

няется способностью гелей гидроокислов марганца адсорбировать ряд катионов и среди них, главным образом, Ba, Ni, Co и др.

Таблица 35.

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа в %	Элементы
60/47	Медно-марганцевая руда	Очень много Много 0, X ~ 0,1 ~ 0,01 следы	Mn Cu Si Fe, Co Mo, Ag, Ba, Al Mg, Ca
82/47	"	Очень много Много (~ 10) ~ 1,0 ~ 0,1 ~ 0,01 следы незнач. следы	Mn Cu Ba Al, Mg, wo, W, Si Fe, Ni, Ag Y V Ti, Be

Лимониты и гидрогематит. Группа водных окислов железа, широко распространенных на всех участках месторождения, является главной составной частью руд верхних горизонтов. Наблюдаются как остаточные лимониты, возникающие за счет изменения первичных сульфидов (в основном халькопирита и пирита), так и лимониты отложения (окрашивающие, пленочные, корковые, охристые). Среди лимонитов замещения отмечены грубо- и тонкосетчатые, псевдоморфные, сложенные стильносидеритом. Нередко на поверхности и в отвалах наблюдались сплошные железняки, почти совершенно не содержащие примесей других минералов, но чаще лимониты тесно связаны с ярозитом и кремнистыми образованиями, ожелезненными в той или иной степени. Окраска лимонитов очень непостоянна — от темно-бурой до охряно-желтой. Гидрогематит слагает небольшие участки (пленки, корочки) и для месторождения не характерен. Сложение лимонитов различное: от рыхлого землистого до плотных масс. Аналогично лимонитам Каджарана и Агарака они являются, по-видимому, сложной смесью различных гидратов окиси железа (гидрогётит, гётит), связанных взаимопереходами. Наиболее четко выделяется смоляная разность лимонита — стильносидерит, распространенная широко и встречающаяся в значительных количествах. Именно поэтому стильносидерит нам удалось охарактеризовать более полно. Необходимо отметить, что вообще в литературе стильносидерит описан недостаточно и более детальное его описание нам представлялось необходимым.

Стильносидерит Мисханы представлен в виде различных корочек, толщина которых варьирует в широких пределах от долей миллиметра до 5 мм. Иногда (фиг. 77) стильносидерит является цементирующей массой брекчиевидных пород (район штольни I на Главном участке).

Стильносидерит не заполняет полностью пространства между отдельными обломками брекчии, а как бы обволакивает их; там, где расстояние между отдельными обломками значительное, остаются пустые полости, незаполненные лимонитом. Поверхность корок натечная, бугорчатая. В поперечном сечении видно ясное концентрически-слоистое строение. Излом скорлуповатый, иногда раковистый. Блеск сильный,

смолистый; сложение плотное. В тонких осколках и по краям обычно наблюдается красное просвечивание. Под микроскопом цвет светло-серый, строение колломорфное. Изотропен. Очень редко, при большом увеличении, в стильпносидерите отмечается мельчайшая вкрапленность самородной меди.



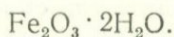
Фиг. 77. Шл. 3/47. Отвал штольни 1. Брекчия, сцементированная колломорфным стильпносидеритом. $\times 46$.

В нижеследующей табл. 36 приведены данные химического анализа не совсем чистой разновидности минерала (аналитик М. М. Стукалова, ВСЕГЕИ, Ленинград).

Таблица 36

№ обр.	Компоненты	Данные анализа в %	Молекулярные количества	Отношение молекулярных количеств
5/47	SiO ₂	8,08	0,45	1
	Fe ₂ O ₃	73,07		
	CaO	0,07		
	MgO	следы		
	CuO	1,60	0,91	2,02
	P ₂ O ₅	не обнар.		
	FeO	нет		
	П. п. п.	17,40		
	Сумма	100,22		

Полученные результаты могут быть несколько приближенно уложены в следующую формулу:



Данные спектрального анализа стильносидерита приведены ниже (табл. 37).

Таблица 37

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа в ‰	Элементы
5/47	Стильносидерит	Очень много ~ 1,0 0,0X следы ~ 0,003 незн. следы	Fe Si, Cu As Al, Mg, Ca, Mn, Ga Ge Ni

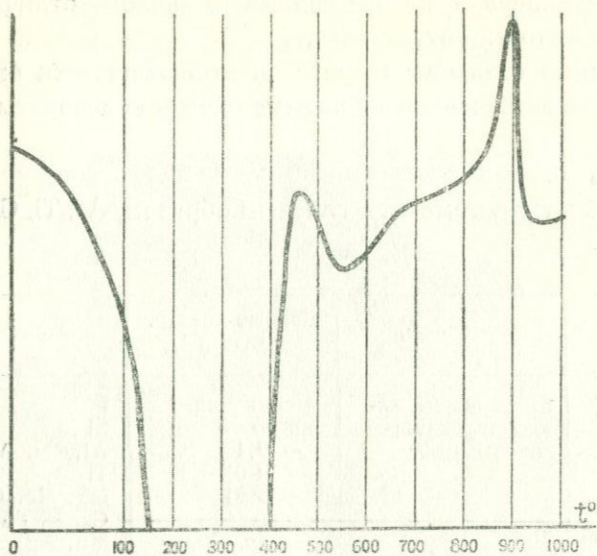
Обращают на себя внимание примеси As, Ge, Ga, Ni.

На фиг. 78, 79 представлены кривые нагревания стильносидерита, полученные с помощью регистрирующего прибора Курнакова*. Чувствительность прибора, при записи термограммы кривой № 1, была больше, чем при записи кривой нагревания № 2.

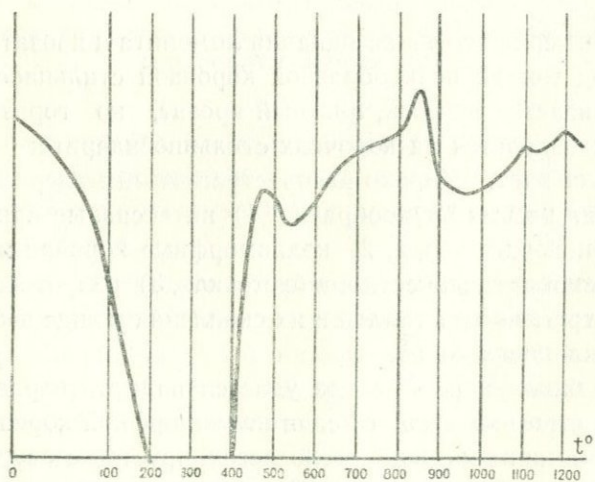
На обоих кривых нагревания регистрируется интенсивный эндотермический эффект в интервале от 50 до 400°C. Из рассмотрения кривой № 2 следует, что он представляет собой наложение двух эффектов (первый — от 50 до 200°C и второй — от 200 до 400°C). Вслед за этими эффектами следует незначительная эндотермическая реакция в интервале температур от 450 до 550°C. На обоих кривых фиксируется экзотермическая реакция, протекающая от 840 до 880—900°C. Кривая № 2 показывает, что изменение вещества происходит при нагревании до 1240°C. Фиксируется еще два слабо развитых экзотермических эффекта при 1100 и 1200°. Наличие двух основных эндотермических эффектов, протекающих в интервале температур от 50 до 400°C, говорит о том, что, по-видимому, часть минерала является гидрогётитом, который имеет следующие эндотермические реакции на кривых нагревания: 1) от 50 до 170°C и 2) от 230 до 360°C.

Таким образом, устанавливается, с одной стороны, частичная гидрогётитовая природа анализируемой смоляной

* Кривые нагревания выполнены ст. научным сотрудником лаборатории высоких температур ВСЕГЕИ (Ленинград) В. П. Ивановой.



Фиг. 78. Кривая нагревания (№ 1) стильносицерита.



Фиг. 79. Кривая нагревания (№ 2) стильносицерита.

разности минерала, но обе кривые в целом отличаются от обычных кривых гидрогетита.

Помимо стильносидерита спектроскопически были изучены часто встречающиеся желтые охры и красноватый гидрогематит.

Как и в стильносидерите, обращает внимание обилие примесей в гидрогематите, главным образом, As, Ti, Ge, V, Ga.

Т а б л и ц а 38

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа в ‰	Элементы
40/47	Красноватый лимонит (уплотненный)	Очень много много ~ 0,1 0,0X ~ 0,01 следы незнач. следы	Fe Si Al, Cu, As Ti Mg, Mo, Ge Ca, V, Pb, Ga Mn, Ag
10/47	Порошковатый желтый лимонит	Очень много ~ 1,0 ~ 0,01 следы	Fe Si, Cu Mo Al, Ca, Mn

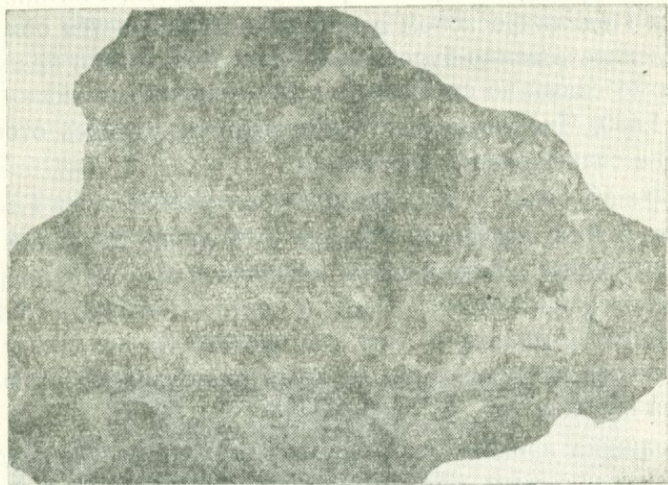
Характерна тесная ассоциация лимонита и ярозита. Очень часто под тонкой почкообразной корочкой стильносидерита обнаруживается желтый, плотный ярозит, но гораздо чаще ярозит развивается на корочках стильносидерита.

М а л а х и т. Широко распространенный минерал. Форма отложения весьма разнообразна: 1) интенсивные примазки в теле вмещающих пород, 2) колломорфные корочки и налеты вдоль трещин отдельности и в пустотках, 3) разрозненные лучистые агрегаты кристаллов и их скопления в виде небольших друз и сплошных корок.

Под биноклем иногда удается подметить радиально-лучистое строение каждого слоя колломорфной корки.

Очень часто малахит тесно ассоциируется с азуриком. В образце из отвала штольни 1 (Главный участок) наблюдалось своеобразное срастание этих двух карбонатов меди: в участках сплошного азурита, состоящего из пластинчатых кристаллов, малахит заполняет промежутки между ними и создает подобие петельчатой структуры (фиг. 80).

Нередко лучистые агрегаты кристаллов малахита переходят в желтый лимонит с сохранением формы игольчатых кристаллов.



Фиг. 80. Обр. 21/47. Главный участок. Малахит (светло-серое) заполняет промежутки между кристаллическими пластинками азурита. $\times 2$.

Помимо азурита, малахит часто ассоциируется с более ранним стильпносидеритом и с хризоколлой; тонкие корочки последней нередко покрывают радиально-лучистые пучки кристаллов малахита.

Азурит. Встречается довольно часто, но по количеству уступает малахиту. Наблюдается в виде: 1) примазок и корочек по трещинам в породе и в кварцевой жильной массе, 2) в пустотках, образуя небольшие друзы, 3) в желваках в виде тонкокристаллических агрегатов. Размер желваков в поперечном сечении не превышает 3 см. Центральная часть каждого желвака — свободная полость, в которой наблюдаются кристаллики азурита.

Очень интересен постоянный парагенезис азурита с медно-марганцевой рудой. Почти во всех просмотренных образцах оба эти минерала наблюдаются в тесном срастании.

Галлуазит. Распространен широко, но встречается в чрезвычайно незначительном количестве. Представлен тончайшими микроскопическими пленками, корочками, покрывающими почти всегда опал (см. описание опала). Окраска беловатая, с буроватым оттенком, блеск восковой. Мягкий. Изотропен. Под микроскопом в минерале наблюдается обильная вкрапленность темно-бурого вещества. Показатель преломления, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_m = 1,450$. Чистую разность минерала не удалось отобрать даже на спектральный анализ.

Хризоколла. Устанавливается в ряде мест на Главном участке и Дальней Дамир-Магара. Заполняет трещинки в породе, выстилает в виде корочек небольшие пустотки, покрывает лимонитизированные скарны и часто — небольшие площади сплошного малахита. Там, где хризоколла заполняет многочисленные пустотки, она как бы является цементом разрушенной породы.

Толщина прожилков хризоколлы колеблется в пределах 1—2 мм, реже 3 мм. Границы прожилков с вмещающей породой не резкие, прожилки переслаиваются с примазками и отдельными участками смоляного лимонита. Окраска голубая. Опаловидна. Излом раковистый. В HCl не растворяется. Средний показатель преломления, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_m = 1,609$.

Хризоколла, слагающая тонкие опаловидные корочки с трещинками дегидратации, под микроскопом обнаруживает серые, до желтых цвета интерференции. Слабо плеохроирует: N_p — бледно-зеленый, N_g — голубой. Показатели преломления: $N_p \geq 1,588$ и $N_g = 1,52$.

Данные спектрального анализа чистой разности хризоколлы приведены в табл. 39.

Обращает на себя внимание присутствие в 0,0X% Bi.

Таблица 39

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа	Элементы
109/47	Хризоколла	очень много 0,0X% следы незн. следы	Si, Cu Ca, Fe, Bi Mn, Al Ti, Be

В отвалах штолен участка Дальняя Дамир-Магара встречена хризоколла, несколько отличная от описанной выше. Почковидные корочки лучистого малахита здесь покрыты серовато-голубой, светло-зеленой, иногда почти бесцветной корочкой, со слабо намечающимся концентрически-слоистым строением. Поверхность корочки имеет восковой блеск. На ней заметны трещинки усыхания. Переход от хризоколлы к малахиту иногда довольно резкий, но чаще постепенный. Под микроскопом цвета интерференции от аномально серых до желтых и красных. Показатель преломления, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_p \geq 1,583$; $N_g \approx 1,592$.

Взаимоотношения хризоколлы и малахита в данном образце и в ряде других говорят о более позднем отложении силиката меди (фиг. 81).

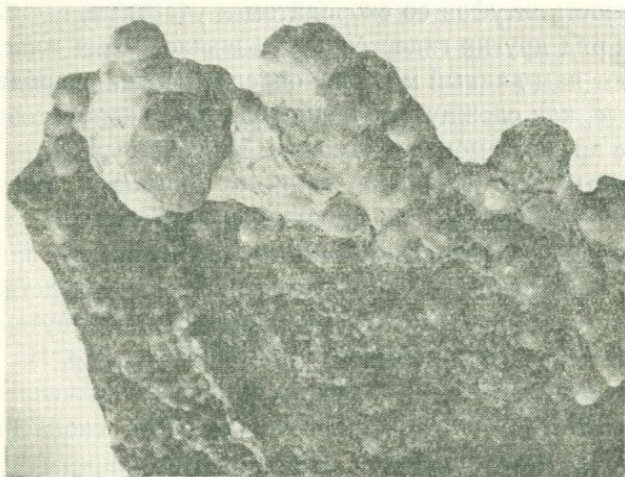


Рис. 81. Обр. 112/47. Далиния Дамир-Магара. Хризокolloвая корочка на почках малахита. $\times 4$.

Скородит. Встречен в ряде штуфов осыпей в районе площадок буровых на Главном участке. Представлен корочками с неровной бугорчатой поверхностью. Окраска яблочно-зеленая, иногда более светлая. Среди наиболее темно-окрашенной разности отмечаются небольшие, почти совсем прозрачные участки со стекляннным блеском. Излом плоско-раковистый.

Блеск восковой. В HCl растворяется очень медленно, без выделения пузырьков. Изотропен. Показатель преломления $N_m \gg 1,780$.

Данные спектрального анализа чистого минерала приведены в табл. 40.

Т а б л и ц а 40

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа в %	Элементы
137/47	Скородит	очень много много 0, X 0,0X следы	Fe, As Cu, Si Al Mg, Ca, Mn, Ti, Mo, Bi Be, Ag

Результаты спектрального анализа, показатель преломления, близость штурфов со скородитом к участкам, где был обнаружен ряд других гипергенных мышьяковистых минералов, позволяют нам данный минерал определить как скородит или, что вернее, как сложную коллоидную смесь скородитового вещества с кремнеземом и, возможно, хризокolloй.

Известно, что скородит является обычным продуктом окисления арсенопирита и весьма редко развивается за счет окисления других первичных минералов мышьяка, причем в большинстве случаев он образуется путем непосредственного замещения арсенопирита. Образование скородита путем отложения из растворов происходит значительно реже. На месторождении В. Н. Котляр и др. исследователи, в том числе автор арсенопирита не обнаружили. Скородитовые скопления позволяют предполагать либо наличие арсенопирита в рудах Анкавана, либо, что пока более вероятно, образование скородита за счет теннантита. Форма проявления скородита свидетельствует о его образовании путем отложения из растворов.

Лейкохальцит (?). Встречается редко, в небольшом количестве и в тесной ассоциации с фармакосидеритом (см. ниже описание фармакосидерита). Развивается в заохренных трещинках в виде сферолитов с тонкопризматическим радиально-лучистым строением. Окраска беловато-голубая или бесцветная. Блеск стеклянный, почти прозрачный. Под микроскопом прямое погасание, удлинение положительное. Недо-

статок материала лишает возможности произвести дополнительные диагностические определения.

Ф а р м а к о с и д е р и т. Обнаружен впервые и только в районе площадок буровых на Главном участке. Приурочен к заохренным трещинам и к небольшим пустоткам с колломорфным опалом на стенках. Наблюдается в виде корочек и небольших друз кристалликов кубического габитуса. Размер кристалликов не превышает долей миллиметра. Иногда кристаллики «одеты» в лимонитизированную коричневую оболочку. Окраска минерала оливково-травяно-зеленая, иногда медово-желтая. Блеск стеклянный или алмазный. Почти прозрачен. Под микроскопом устанавливаются крайне низкие, anomalously серые цвета интерференции. Некоторые зерна изотропны. Показатель преломления, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями, $N_m \approx 1,706$. Двупреломление $\approx 0,004—0,005$. В скрещенных николях в зернах с тетрагональным сечением наблюдаются двуосные сегменты (следствие двойникования).

Результаты спектрального анализа чистой разности минерала приведены в табл. 41.

Т а б л и ц а 41

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа в %	Элементы
131/47	Фармакосидерит	очень много много 0,1 0,01	Fe, As Cu Si Al, Mg, Ca, Mn

Данные спектрального анализа и оптические показатели позволяют считать минерал фармакосидеритом.

Аналогично скородиту и лейкохальциту (?) фармакосидерит, по всей вероятности, образовался за счет мышьяковистой блеклой руды — теннантита, обнаруженной почти здесь же, только в коренных поверхностных выходах.

Г и п с. Устанавливается очень часто на плоскостях штурфов отвалов, осыпей. Обычно развит в виде тонкоигольчатых кристаллов, иногда собранных в розетки, друзы. Окраска белая, иногда от включений малахита зеленоватая и от включе-

ний лимонита — желтоватая. Корочки и отдельные почки малахита частью развиваются на гипсе. Иногда малахит проникает по мельчайшим трещинкам в гипс.

Халькантит. Налеты светло-голубого халькантита отмечены в ряде штуфов руды из отвалов.

Ярозит. Обычный, часто встречающийся минерал, развитый, главным образом, на сильно измененных, пиритизированных породах, часто наблюдается ассоциация с лимонитом, дает к нему частые переходы. Представлен в виде корочек и небольших скоплений в свободных полостях «выщелоченных» пород и по трещинкам отдельности в них. Толщина корочек ярозита колеблется от 0,5 до 2 мм, не больше. Поверхность их бугорчатая, почковидная. Иногда в изломе обнаруживается концентрически-слоистое строение. Наряду со скрытокристаллическими корками в пустотках были встречены ясно кристаллические выделения ярозита. Сложение его в корочках большей частью плотное, массивное. Ясно кристаллическая разность рыхлая, порошокватая. Окраска меняется от желтой и охряно-желтой до почти коричневой.

Под микроскопом в ярозите из рыхлых порошокватых масс наблюдались хорошо индивидуализированные кристаллики с гексагональными и трапецеэдрическими сечениями. Цвета интерференции яркие, в базальных сечениях серые. Наименьший показатель преломления, измеренный по сравнению с иммерсионными жидкостями, $n_p \approx 1,714$, другой показатель преломления значительно выше — 1,780. Данные спектрального анализа ярозита (возможно с примесью кварца) приведены в табл. 42.

Из примесей обращают внимание Ni, Ti, Mo, W, Zr, Be.

Таблица 42

№ обр.	Наименование	Данные спектр. анализа в %	Элементы
67/47	Ярозит	очень много много ~ 0,1 0,0X 0,01 следы незн. следы	Fe Si, Cu W Al, Zr, Mo Mg, Mn Ca, Ni, Ti, Be

Нередко наблюдается тесная связь ярозита с лимонитом; в ряде случаев на корках стильпносидерита развивается светло-желтый ярозит. Иногда при большом увеличении бинокулярной лупы в поперечном сечении корочек отмечается чередование тонких полос стильпносидерита и ярозита, в связи с чем меняется и окраска минерала. Там, где ярозит, представлен более или менее чистой мономинеральной разностью, он желтый; там где он несет следы перехода к водным окислам железа, ярозит принимает желто-бурую с коричневым оттенком, а иногда просто бурую окраску.

Повеллит. Обращает на себя внимание отсутствие молибдата кальция — повеллита, который, как известно, получает особенно широкое развитие в условиях скарновой обстановки. Однако никаких, даже слабых следов повеллита ни в обнажениях поверхности, ни в штуфах отвалов выработок автору обнаружить не удалось. Не наблюдал его и В. Н. Котляр и др. исследователи.

И все же присутствие повеллита в скарнах Анкавана вполне вероятно, и то, что он нами не встречен, скорее всего объясняется его чрезвычайно трудной распознаваемостью в сильно лимонитизированных породах поверхности месторождения. Но при всех условиях трудно допустить, что повеллит на месторождении развит в больших количествах. И действительно, С. Н. Даниелян, ведущий разведочные работы последних лет, отмечает только очень редкое присутствие повеллита, образующего псевдоморфозы по крупным чешуйкам молибденита, в выработках Центрального участка, пройденных в кварцевых диоритах.

Ферримолибдит. Отмечен в ряде отвалов Главного участка, но в малых количествах. В виде тонких налетов и небольших скоплений обнаруживается в кварц-молибденитовых жилах, развиваясь непосредственно на молибденитовых выделениях или в пустотках и в тончайших трещинках, в жильной массе. С поверхности канареечно-желтые налеты ферримолибдита почти везде покрыты тончайшей корочкой (чаще в виде разрозненных точек) лимонита желтого цвета.

4. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЗМА РУДНИЧНЫХ ВОД

На характер рудничных вод Анкавана имеет весьма существенное влияние обилие выпадающих атмосферных осадков. Разведочные выработки, пройденные в 1931—32 гг. вскрыли лишь зону окисления и прошли выше уровня грунтовых вод. Это обстоятельство явилось причиной того, что в данных выработках приток воды был очень небольшим и зачастую почти отсутствовал. Автором, во-время полевых работ 1947 г. была отобрана проба из устья старой заваленной штольни № 1 Главного участка. Вода бесцветная, прозрачная, слабо минерализованная.

В нижеследующей табл. 43 представлены результаты анализа воды этой пробы; анализ выполнен старшим аналитиком ВСЕГЕИ Е. П. Муликовской.

Таблица 43

Компо- ненты	г/л мг/экв.		Компоненты	г/л
Fe ⁺⁺	не обнаружено		Al ₂ O ₃	не обнаружено
Cu	0,0025	0,08	Fe ₂ O ₃	0,0004
Ca ⁺⁺	0,1208	6,03	H ₂ SiO ₃	0,070
Mg ⁺	0,0089	0,73	сух. ост.	0,468
Na+K	0,0074	0,32	pH	6,0
мгг. экв.		7,16		
HCO ₃	0,378	6,20		
SO ₄	0,0444	0,93		
NO ₃	не обнаружено			
Cl	0,001	0,03		
MoO ₄ ^{''}	0,0003			
мгг. экв.		7,16		

Согласно этому анализу, вода штольни 1 является гидрокарбонатно-кальциевой с величиной pH = 6,0, т. е. кислой и, что интересно, в ней присутствует ион MoO₄^{''} в количестве 0,0003 г/л.

В последующие годы рудничные воды Анкавана были изучены более детально Н. И. Долухановой. Ею был отобран и проанализирован ряд проб рудничных вод и из разведочно-

го участка в ущелье Дамир-Магара. Разведочные выработки, пройденные в данном ущелье в штоке кварцевых диоритов, обводнены гораздо интенсивнее, чем выработки прошлых лет.

Степень обводненности рудного поля в значительной мере зависит от трещиноватости пород и от степени колебаний атмосферных осадков, выпадающих в районе месторождения.

Аналогично другим изученным медно-молибденовым месторождениям и рудничные воды Анкавана обнаруживают большое сходство химического состава с поверхностными водами, что свидетельствует о их взаимной связи и о поверхностном питании рудничных вод.

Минерализация рудничных вод выше минерализации поверхностных и родниковых вод, что является закономерным и говорит о их более глубокой и длительной циркуляции.

В табл. 44 представлены интервалы содержаний различных компонентов в рудничных водах Анкаванского месторождения, по данным 10 проб.

Согласно данным и этих анализов, рудничные воды Анкавана являются гидрокарбонатно-кальциевыми с относительно слабой минерализацией, что хорошо увязывается с довольно высокими значениями рН (7,1—7,8), за исключением одной пробы. Таким образом, воды являются скорее нейтральными. Ион MoO_4^{2-} содержится во всех пробах, в пределах от 0,1 до 5,9 мг/л, причем последнее наибольшее значение дала проба, отобранная из заваленной штольни на Главном участке.

Наиболее минерализованы рудничные воды ущелья Дамир-Магара, связанные с оруденелыми кварцевыми диоритами. Для этих вод характерны относительно повышенные содержания сульфатов и молибдена и значительно меньшее содержание железа.

Таким образом, из изложенного материала видно, что в характере рудной зоны окисления по двум различным типам оруденения в Анкаванском месторождении намечаются существенные различия. По-видимому, эти различия обусловлены следующими обстоятельствами: образованию сравнительно хорошо проработанной зоны окисления в участке развития скарного оруденения благоприятствует более сильная тре-

Таблица 44

в мг/л
по сборам Н. И. Долухановой (аналитик химлаборатории ИГН АН АрмССР Э. А. Кюрегян)

Na+K·	Ca·	Mg·	Общ. Fe	Cu·	Cl'	SO ₄ ''	HCO ₃ '	MoO ₄ ''	SiO ₂	pH	Сухой остаток
9—139	20—136	5—27	0,2 - 1 (1 проба 40)	нет	следы - 35 (1 проба— 139)	сл. (1—проба 446)	73 - 403	0,1—5,9 (1 проба— следы)	16—35	7,1—7,8 (1 проба— 5,8)	170—550 (1 проба— 722 пр. 1 пр.—840)

щиноватость пород, связанная с близостью залегания рудных залежей к зоне регионального разлома, более массивный характер сульфидного оруденения и обилие в рудах пирита.

Значительно более слабое окисление руд в штокверковом-вкрапленном типе оруденения обусловлено гораздо более слабой трещиноватостью пород, их окварцованностью, не столь массивным распределением сульфидной минерализации, не сопровождаемой обильным пиритом.

VI. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИНЕРАЛОГИИ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ ИЗУЧЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ

«Минералог имеет в своем распоряжении большей частью готовые продукты реакций, сочетание которых вне его воли».

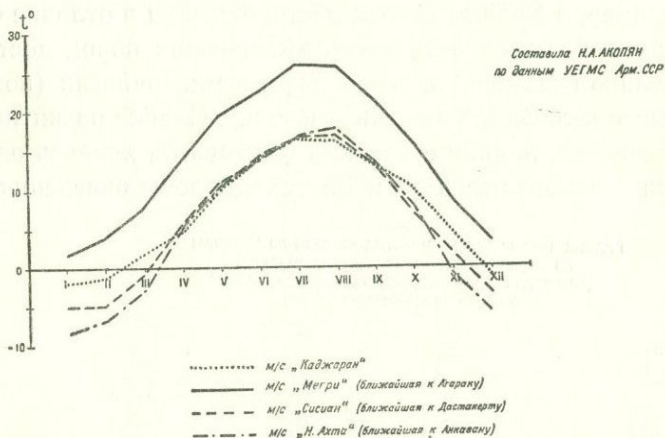
(Акад. В. И. Вернадский. «История минералов земной коры». 1925 г.).

Все изученные нами медно-молибденовые месторождения Армении расположены примерно в сходных геоморфологических и климатических условиях. Однако положение отдельных месторождений по отношению к рельефу местности, особенности микроклимата, так же как и характер распределения рудного материала, состав вмещающих пород и их инертность или активность по отношению к рудничным водам и, наконец, условия циркуляции грунтовых вод, наряду с другими второстепенными факторами существенно влияют на специфические особенности зоны окисления того или иного из рассматриваемых нами месторождений.

В отношении геоморфологических и климатических условий наиболее сходны Агаракское, Каджаранское и Дастакертское месторождения (фиг. 82), расположенные в высокогорной части Южной Армении, в то время как Анкаванское месторождение находится в Центральной Армении, отличающейся более влажным климатом; к тому же оно расположено в предгорьях Памбакского хребта, характеризующихся более

мягким рельефом (табл. 45, 46). Необходимо отметить, что для расположенной в Южной Армении группы месторождений, находящихся друг от друга на расстоянии десятков км, микроклимат и положение рудных тел по отношению к рельефу сказываются достаточно отчетливо. Так, например, нахождение

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА
ПО МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ СТАНЦИЯМ „КАДЖАРАН“, „МЕГРИ“, „СИСИАН“, „Н. АХТА“
(средние за период 1950 – 1955 г.г.)

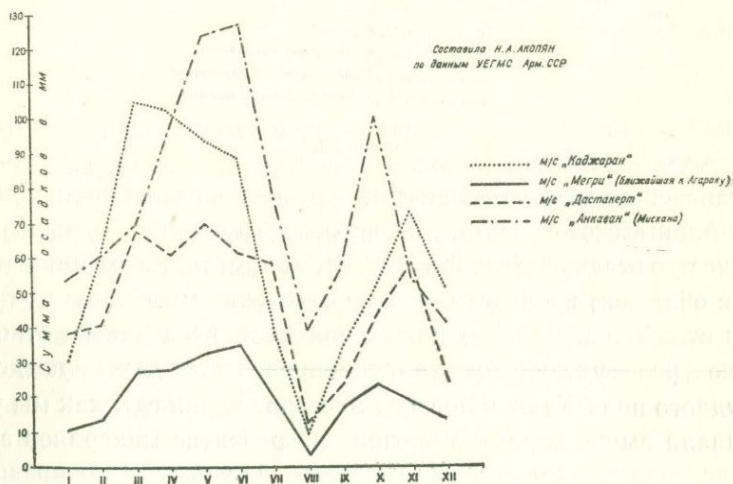


Фиг. 82.

Агаракского месторождения на юго-восточных склонах Конгуро-Алангезского хребта, для которых характерно меньшее количество осадков (фиг. 83) и сухость климата, сказывается в более обильном проявлении в зоне окисления минералов из группы сульфатов. Влияние положения месторождения по отношению к рельефу достаточно хорошо проявляется даже в пределах рудного поля Каджаранского месторождения где, как мы указывали выше, характер эрозии и развитие минералов зоны окисления для южных и северных склонов Каджаранской горы различны. Большая скорость эрозии на Агараке проявляется в почти полном отсутствии зоны окисления. Очень отчетливо особенности влияния рельефа и климата проявляются на участке скарнового оруденения в Анкаванском месторождении. Влажный климат и низкий уровень грунтовых вод, наряду с другими факторами, отчетливо сказываются в интенсивном развитии процессов окисления в этом месторождении.

По распределению рудного материала (штокверково-вкрапленный тип оруденения) и по характеру вмещающих пород большое сходство имеют месторождения Южной Армении, а участок скарнового оруденения Анкаванского месторождения довольно резко отличается от них. Но при более детальном сравнении месторождений Южной Армении выявляются специфические особенности того или иного из них, сказывающиеся достаточно отчетливо на особенностях зоны окисления. Например, в Каджаранском месторождении в отличие от Агаракского большая активность вмещающих пород достаточно отчетливо сказывается на специфике минералогии (повеллит, большее количество лимонита и т. п.). Слабое развитие пирита, вероятно, наряду с другими факторами, явилось одной из причин слабого развития в Дастакерте зоны окисления.

ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ ПО МЕСЯЦАМ
ПО ДАННЫМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ
„КАДЖАРАН“, „МЕГРИ“, „ДАСТАКЕРТ“, „АНКАВАН“
(средние за период 1950–1955 г.г.)



Фиг. 83.

Одной из отличительных особенностей всех медно-молибденовых месторождений Армении является их молодой поздне-третичный возраст. Палеогеографические исследования показывают, что в начале четвертичного времени в стране имели место два периода оледенения, т. е. в течение длительного вре-

Таблица 45

Сравнительная таблица средней температуры воздуха по данным различных метеорологических станций

Наименование станций	Период наблюдения	Месяцы												За год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Каджаран	1944—1948 гг.	—1,7	—1,2	1,7	5,0	10,1	14,2	16,4	16,0	13,0	10,0	4,4	—0,7	7,3
Мегри (ближайшая к Агараку)	1950—1955 гг.	0,7	1,4	7,8	14,1	19,5	22,8	26,0	25,9	21,3	15,5	8,4	0,1	13,6
Сисиан (ближайшая к Дастакерту)	"	—4,9	—4,5	—0,3	5,7	10,9	13,8	17,0	16,9	13,1	7,2	1,7	—2,9	6,1
Н—Ахта (ближайшая к Мисхане)	"	—8,1	—6,4	—2,3	5,2	10,3	13,5	17,0	17,5	13,4	7,6	—0,7	—5,6	5,1

Таблица 46

Сравнительная таблица суммы осадков в мм по данным различных метеорологических станций и постов

Наименование станций и постов	Период наблюдения	М е с я ц ы												За год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	X	IX	XI	XII	
Каджаран	1950—1955 гг.	30,1	59,2	104,9	102,1	93,3	88,9	38,8	10,2	44,2	52,1	73,2	50,6	773,6
Мегри (ближайшая к Агараку)	"	10,1	14,6	27,8	28,0	32,7	35,0	19,8	3,6	17,9	24,1	18,6	13,9	243,1
Сисиан (ближайшая к Дастакерту)	"	16,5	28,3	46,5	49,6	66,4	62,7	28,9	12,7	30,8	36,6	27,8	12,2	419,0
Дастакерт	"	38,3	40,9	67,8	60,3	68,4	60,9	57,5	12,3	24,1	44,0	57,8	25,0	557,1
Н—Ахта (ближайшая к Мисхане)	"	36,5	53,7	54,4	73,9	107,0	89,9	40,7	17,9	49,6	57,0	50,6	33,3	664,5
Анкаван (Мисхана)	"	53,4	60,5	69,8	97,6	123,3	126,7	77,3	39,0	57,3	100,5	54,9	41,3	901,6

мени для нее был характерен ледниковый климат. Геоморфологический анализ показывает, что в конце третичного времени, так же как и в четвертичное время страна претерпевала интенсивные поднятия, которые, по-видимому, продолжаются и в настоящее время. Благодаря этим поднятиям, скорость эрозии рудных тел мало отставала от скорости процессов окисления, а иногда могла их даже опережать. По-видимому, это обстоятельство, наряду с молодым возрастом месторождений, и явилось основной причиной, благодаря которой мы не наблюдаем в медно-молибденовых месторождениях Армении хорошо развитой зоны цементации, являющейся во многих случаях наиболее интересным объектом эксплуатации (на медь).

Во всех изученных месторождениях, приуроченных к участкам сравнительно расчлененного и молодого рельефа, мы обычно сравнительно близко от поверхности встречаем сохранившиеся или лишь частично окисленные сульфиды. Обычно слабо развиты и вторичные медные минералы зоны вторичного сульфидного обогащения. Все это, как и парагенетические ассоциации многих минералов зоны окисления, свидетельствует о том, что в медно-молибденовых месторождениях Армении в основном выражены лишь начальные и отчасти срединные стадии развития зоны окисления (61).

Переходя к сравнению особенностей развития отдельных минералов в зоне окисления рассматриваемых месторождений можно отметить следующие основные моменты.

В составе руд зоны окисления Каджарана, Агарака, Да-стакерта и Анкавана (Мисханы), принимают участие: самородные элементы, окислы, карбонаты, силикаты, водные арсенаты, сульфаты и молибдаты. Из фактического материала по отдельным месторождениям устанавливается, что не все минералы и их ассоциации развиваются повсеместно и в равных количествах.

Табл. 47 отображает как вещественный состав руд зоны окисления всех изученных месторождений, так и относительную распространенность отдельных гипергенных минералов.

Самородные элементы. Представлены самородной медью и самородной серой, причем присутствие последней не впол-

не достоверно. Установленная в Каджаране, Агараке, Анкаване самородная медь не дает больших скоплений и ассоциирует, главным образом, с окисляющимися минералами зоны вторичного сульфидного обогащения.

Окислы. Представлены гипергенным кварцем, опалом, купритом, очень редко встречающимся только в Агараке — делафосситом, группой лимонитов, псиломеланом, лампадитом и медно-марганцовой смоляной рудой.

Кварц в виде мельчайших кристаллических щеток и тончайших жилок был встречен в Каджаране, в ассоциации с минералами группы лимонитов в «выщелоченных» участках рудоносных монзонитов.

Опал обнаружен только в Анкаване, на выходах и некоторых штуфах из отвалов штолен. Развит широко, но в небольших количествах, большей частью в виде тонких корочек на плоскостях трещин отдельности.

Куприт. Редко встречающийся минерал зоны окисления Каджарана, Агарака, Дастакерта. В Анкаване присутствует в относительно значительных количествах, иногда слабая собственно купритовые руды. Выделения куприта тесно связаны с самородной медью, карбонатами меди и халькозинном.

Лимониты представлены смоляной разностью — стильпно-сидеритом, гётитом и гидрогётитом (турьитом, гидрогематитом). Довольно широко развиты в Каджаране и Анкаване, где играют очень существенную роль в составе руд зоны окисления. В поверхностных условиях развит, главным образом, стильпно-сидерит. На всех месторождениях лимониты разделяются на остаточные (грубосетчатые, тонкосетчатые, вкрапленные, псевдоморфные, смоляные) и перенесенные (окрашивающие, пленочные, сталактитовые и охристые).

Псиломелан. Обнаружен в Агараке. Приурочен к участкам распространения черной брекчии, развитой в виде отдельных небольших выходов в районе рудного поля.

Лампадит. Кобальтсодержащий лампадит (медистый вад) был встречен в Каджаране и Агараке, причем в Каджаранском месторождении он является обычным, довольно широко распространенным минералом, развитым большей частью в приповерхностных условиях.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ГИПЕРГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ
ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ ГЛАВНЕЙШИХ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ

		М Е С Т О Р О Ж Д Е Н И Я			
		КАДЖАРАН	АГАРАК	ДАСТАКЕРТ	МИСХАНА (Анкаван)
САМОРОДН. ЭЛЕМЕНТЫ	Самородная медь	---	---	---	---
	Самородная сера		---		
О К И С Л Ы	К в а р ц	-----*			
	О п а л				-----
	К у п р и т	-----	-----	-----	-----
	Делафоссит		---		
	Лимониты	-----	-----*	-----	-----
	Псилометан		-----		
	Лампадит	-----*	-----*		
	Медно-марганцевая смоляная руда	-----*	-----*	-----*	-----*
С О Л И К И С Л О Т К А Р Б О Н А Т Ы С И Л И К А Т Ы В О Д Н Ы Е А Р С Е Н А Т Ы С У Л Ы М О Л И Б Д А Т Ы	Кальцит		-----	-----*	-----
	Доломит			-----	
	Анкерит		-----*		-----
	Смитсонит	-----		-----	
	Церуссит	-----		-----	
	Малахит	-----	-----	-----	-----
	Азурит	-----	-----	-----	-----
	Каламин	-----			
	Каолинит	-----			-----
	Галлуазит	-----*	-----*	-----*	-----*
	Аллофан			-----*	
	Хризоколла	-----		-----	-----*
	Корнуит	-----*			
	Скородит				-----*
	Лейкохальцит				-----*
	Фармакосидерит				-----*
	Барит	-----			
	Англезит			-----	
	Брошантит	-----	-----		
	Гипс	-----	-----	-----*	-----*
	Мелантерит	-----	-----		
	Феррокупрохалькантит	-----*			
	Халькантит	-----	-----	-----*	-----*
	Копиапит			-----*	
	Фиброферрит	-----*			
	Блёдит		-----*		
	Ярозит	-----*	-----	-----*	-----
	Ильземанит			-----	
	Повеллит	-----	-----		-----
	Ферримолибдит	-----	-----	-----	-----
	Зозит	-----			

У С Л О В Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я

----- Широко распространенные минералы

----- Редкие минералы

----- Менее распространенные минералы

----- Очень редкие минералы

Минералы, установленные впервые в месторождениях автором

Медно-марганцовая смоляная руда. Редкое присутствие медно-марганцовой смоляной руды отмечено для всех изученных месторождений, но в Каджаране она имеет несколько более широкое распространение. Обычно развита в виде оспенных выделений по трещинам отдельности, в ассоциации, с более ранним малахитом, или в виде корок и налетов.

Карбонаты. Представлены кальцитом, доломитом, анкеритом, смитсонитом, церусситом, малахитом, азуритом. Наиболее существенным медьсодержащим гипергенным минералом зоны окисления всех месторождений безусловно является карбонат меди — малахит.

Кальцит. В небольшом количестве обнаружен в Агараке, Дастакерте и Анкаване в приповерхностных частях рудных тел и в выработках, в участках современного просачивания вод, в виде эффектных новообразований (Агарак).

Доломит. В незначительном количестве обнаружен в Дастакерте.

Анкерит. Установлен в Агараке и Дастакерте. Приурочен к плоскостям многочисленных трещин отдельности пород в некоторых выработках (Агарак), в штуфах отвалов канав (Дастакерт). Встречен и в лимонитизированных скарнах с магнетитовым оруденением (Анкаван). Инкрустирует стенки пустоток и плоскости трещин отдельности ромбэдрическими кристалликами.

Смитсонит, церуссит. Отмечены в единичных пунктах в Каджаране и Дастакерте и не характерны.

Малахит. Наиболее распространенный гипергенный минерал меди в зоне окисления всех месторождений. Встречается повсеместно на поверхности и в выработках, иногда на больших глубинах, при условии просачивания поверхностных вод вдоль контактов, тектонически нарушенных участков и т. д.

Азурит. По распространенности уступает малахиту, ассоциирует с ним постоянно и присутствует повсеместно в рудах зоны окисления всех месторождений. Наиболее широко развит в Анкаване. Очень часто наблюдается тесный парагенезис азурита с медно-марганцовыми минералами.

Силикаты. Группа водных силикатов алюминия и меди не имеет широкого распространения и представлена галлазитом, аллофаном, хризоколлой, корнуитом, парагенетически

тесно связанным с гидроокислами железа, каолинитом и чрезвычайно редко встречающимся только в Каджаране — каламином.

Галлуазит. Встречен в небольшом количестве в поверхностных частях всех месторождений. Иногда тесно ассоциирует с хризоколлой (Каджаран), образует тонкие корочки на лимонитизированном материале на плоскостях трещин отдельности (Агарак, Дастакерт) и, наконец, развивается на опале (Анкаван).

Аллофан. Обнаружен только в Дастакерте, в отвалах канав, обнажениях поверхности и в устьевых участках выработок. Дает тесные сростания с малахитом и, возможно, с хризоколлой.

Хризоколл. Встречена в единичных пунктах поверхности Центрального участка Каджарана; более распространена в Анкаване. Больших скоплений хризоколлы нигде не наблюдается.

Коллоидальная разность водного силиката меди — корнуит была встречена только в отвалах старых штолен Каджарана.

Водные арсенаты обнаружены на поверхности Анкаванского месторождения. Представлены скородитом, лейкохальцитом (?) и фармакосидеритом. Скородит или вернее сложная коллоидная смесь скородитового вещества с кремнеземом развивается в виде аморфных небольших корочек, тогда как корочки, сложенные из фармакосидерита обнаруживают ясное кристаллическое сложение. В тесной ассоциации с фармакосидеритом присутствуют сферолиты лейкохальцита (?).

Сульфаты. Представлены довольно распространенным ярозитом, гипсом и в меньшей степени баритом, англезитом, брошантитом, феррокупрохалькантитом, халькантитом и в тесной с ним ассоциации мелантеритом, копиапитом, фиброферритом, минералом из группы блёдита и, наконец, ильземанитом. Относительно интенсивные скопления минералов сульфатной группы характерны для Агаракского месторождения.

Барит. Встречен только в Каджаране. Парагенетически связан с малахитом и гипсом.

Англезит. Наблюдается в полиметаллических рудах рудного поля Дастакерта, в виде незначительных прожилков, пересекающих зерна галенита.

Брошантит. Обнаружен в единичных пунктах Каджарана и Агарака и для месторождений не характерен.

Гипс. Обычный минерал зоны окисления всех изученных месторождений, но наиболее развит в Агараке и Анкаване. Ассоциируется с карбонатами меди и водными окислами железа.

Халькантит. Налеты халькантита (в Каджаране — феррокупрохалькантита) фиксируются в Каджаране, Дастакерте, Анкаване. В Агараке халькантит — часто встречающийся минерал; его корочки и налеты наблюдаются в устьевых частях почти всех старых выработок, реже в новых штольнях и вблизи русел рек.

Копиапит. Встречен в небольшом количестве в Дастакерте.

Фиброферрит. Значительные скопления фиброферрита обнаружены в Каджаране, в одной старой выработке, в тесной ассоциации с феррокупрохалькантитом.

Минерал из группы блёдита. Обнаружен только в Агараке в устьевых частях старых выработок.

Ярозит. Фиксируется, главным образом, в приповерхностных частях рудных тел Каджарана, Агарака, Анкавана, в виде корочек, налетов, отдельных скоплений, иногда небольших прожилков. На Дастакертском месторождении ярозита очень мало и только на участке Ял-юрт штуфы пиритизированных порфиритов из отвалов канав содержат заметно повышенное количество этого минерала.

Ильземанит. Отмечен только в Дастакерте, в виде налетов.

Молибдаты. Представлены повеллитом, ферримолибдитом и эозитом (?), причем последний был обнаружен только в продуктах флотации каджаранских руд.

Повеллит. Встречен в Каджаране (на Центральном и Давачинском участках), исключительно в виде псевдоморфоз по первичному молибдениту; приурочен только к кварцевым прожилкам. В Агараке образование повеллита по молибдениту наблюдалось только в единичных шлифах (46). В Анкава-

не, на Главном участке несмотря на несомненную карбонатную обстановку (скарны), образование молибдата кальция, по-видимому, не получает большого развития.

Ферримолибдит. Отмечен в тех или иных количествах для всех изученных месторождений. Наиболее интенсивные скопления ферримолибдита были встречены в некоторых пунктах Спетринского ущелья Агаракского месторождения (Центральный участок) и в кварцевых жилах СВ участка Каджаранского месторождения. Очень часто ферримолибдит тесно ассоциирует с лимонитом (не исключена возможность образования части лимонита за счет окисления ферримолибдита).

Проведенная автором работа по изучению минералогии зоны окисления дала довольно интересный материал в отношении ее геохимической характеристики. Не рассматривая условия концентрации меди и молибдена, подробно охарактеризованные в соответствующих главах данной работы, очень кратко остановимся только на редких и рассеянных элементах, обнаруженных при спектроскопическом изучении гипергенных минералов.

В нижеследующей табл. 48 сведены результаты спектральных анализов всех гипергенных минералов Каджарана, Агарака, Дастакерта и Анкавана.

Бериллий. Установлен в различных гипергенных минералах, но значительных концентраций не дает. Слабые линии и следы линий бериллия обнаружены на спектрограммах лимонита (Каджаран, Агарак), лампадита (Агарак), медно-марганцовой руды (Анкаван), карбонатов (Агарак, Дастакерт), малахита (Каджаран, Дастакерт), аллофана (Дастакерт), хризоколлы (Каджаран, Анкаван), скородита (Анкаван), ярозита (Каджаран, Анкаван).

Ванадий. Незначительное содержание ванадия (слабые линии и следы линий) устанавливается в целом ряде минералов: лимоните (Каджаран, Анкаван), лампадите (Агарак), медно-марганцовой руде (Анкаван), доломите (Дастакерт), анкерите (Анкаван), брошантите (Каджаран), ярозите (Каджаран, Агарак).

Висмут. Несмотря на присутствие медно-висмутовых минералов в первичных рудах Каджарана, Агарака, Даста-

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ГИПЕРГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ ГЛАВНЕЙШИХ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ

Минералы	Место- рождения	N N обр.	Э л е м е н т ы																																										
			Be	As	Te	P	Sb	Pb	Sn	Cu	Ag	Zn	Cd	Co	Ni	Zr	Mo	Ta	Nb	Bi	Jn	Ge	W	Ga	Tl	Cr	V	Na	K	Zi	Ba	Sr	Ca	Al	Mg	Mn	Fe	Ti	Si	So	Re	Y			
Опал	Мисхана	96/47																																											
Лимониты	Каджаран	51/39																																											
"	"	5/23.5																																											
"	"	6/32																																											
"	"	22/40																																											
"	"	65/40																																											
"	"	83/40																																											
"	"	96/40																																											
"	"	96/40																																											
"	"	147/40																																											
"	Агарак	109/46																																											
"	Мисхана	5/47																																											
"	"	40/47																																											
"	"	10/47																																											
Лампадит	Каджаран	6/130																																											
"	"	30/39																																											
"	Агарак	98/46																																											
"	"	98/46																																											
"	"	152/46																																											
Надно-наканчивая сильная 12/46	Агарак	130/46																																											
"	Мисхана	60/47																																											
"	"	62/47																																											
Кальцит	Агарак	141/47																																											
"	Достакерт	183/47																																											
Доломит	Достакерт	184/47																																											
Анкерит	Агарак	215/46																																											
"	Мисхана	105/46																																											
Малахит	Каджаран	115/4																																											
"	Достакерт	259/47																																											
Галлуазит	Каджаран	92/40																																											
"	Агарак	226/46																																											
"	Достакерт	186/47																																											
Аллофан	Достакерт	132/47																																											
"	"	212/47																																											
Хризколла	Каджаран	92/47																																											
"	Мисхана	109/47																																											
Скородит	Мисхана	137/47																																											
Феррикоксидерит	Мисхана	131/47																																											
Брошантит	Каджаран	141/40																																											
Хальконтит (сильноокисленный)	Агарак	239/46																																											
Фиброферрит	Каджаран	70/40																																											
Бледит	Агарак	108/46																																											
Ярозит	Каджаран	10/40																																											
"	Агарак	155/46																																											
"	"	158/46																																											
"	"	223/46																																											
"	Достакерт	170/47																																											
"	Мисхана	67/47																																											
Повелит	Каджаран	81/40																																											
"	"	3/40																																											

Условные обозначения

Очень сильные линии Воле средних линий Слабые линии
 Сильные линии Средние линии Следы линий

керта, в гипергенных минералах этих месторождений висмут установлен не был, за исключением повеллита Каджарана, в котором висмут дает слабые линии. Несколько повышенные концентрации висмута (средние линии) отмечены в хризоколле и скородите Анкаванского месторождения.

Вольфрам. Установлен в медно-марганцевой руде и ярозите Анкавана, причем в повышенных количествах (сильные и выше средних линий). По-видимому, присутствие в первичных рудах вольфрама надо связывать с шеелитом. Последний был обнаружен в шлихах из скарновой зоны месторождения.

Галлий. Установлен в незначительном количестве (слабые и следы линий) в лимоните (Каджаран, Анкаван), галлуазите (Каджаран), ярозите (Агарак).

Германий. Обнаружен только в лимоните Анкаванского месторождения.

Кобальт. Некоторое обогащение кобальтом установлено для марганцевых минералов (лампадит Каджаранского и Агаракского месторождений и медно-марганцевая руда Анкаванского месторождения), что вызвано, по-видимому, адсорбцией. В лампадите Агарака кобальт был определен химическим анализом, показавшим 1,9%. Следы кобальта установлены и в лимоните (Каджаран, Агарак). В первичных рудах этих месторождений кобальт тесно связан с пиритом и халькопиритом.

Мышьяк. Помимо собственно водных арсенатов, встречаемых в Анкаванском месторождении (скородит, фармакосидерит), относительно повышенная концентрация мышьяка установлена в лимоните этого же месторождения. В остальных месторождениях в гипергенных условиях данный элемент либо отсутствует (Агарак, Дастакерт), либо не дает сколько-нибудь значительных концентраций (Каджаран), несмотря на присутствие ряда мышьяковых минералов в гипогенных рудах (теннантит, энаргит, арсенопирит). Обнаружен в незначительном количестве только в минералах Каджаранского месторождения (лимоните, малахите, галлуазите, хризоколле, брошантите, фиброферрите, ярозите, повеллите).

* Присутствие германия в лимоните Анкавана несомненно связано с наличием первичных германиевых минералов в рудах месторождения.

Н и к е л ь. Следы никеля были установлены в ряде минералов: лимоните (Каджаран, Анкаван), лампадите (Каджаран, Агарак), анкерите (Анкаван), малахите, аллофане (Дастакерт), халькопирите (Агарак), ярозите (Каджаран, Анкаван). Несколько повышенные концентрации никеля отмечены в медно-марганцевой руде Анкаванского месторождения*.

О л о в о. В следах было установлено только в лампадите и галлуазите Каджарана.

Серебро. Концентрация серебра порядка 0,01% установлена спектральным анализом в медно-марганцевой руде (Анкаван). Следы серебра отмечены в лимоните (Каджаран, Агарак, Анкаван), лампадите (Каджаран), кальците (Дастакерт), скородите (Анкаван).

Стронций. Установлен в целом ряде гипергенных минералов: в лимоните, лампадите, галлуазите, хризоколле, повеллите (Каджаран), аллофане (Дастакерт), ярозите (Агарак, Дастакерт). В карбонатах Дастакерта стронций фиксируется в несколько повышенных концентрациях.

Сурьма. Слабые линии сурьмы были установлены только в ярозите (Каджаран).

Фосфор. Не дает сколько-нибудь значительных концентраций. Присутствует в лимоните (стильпносидерите), галлуазите, хризоколле, ярозите (Каджаран). В гипергенных минералах других месторождений фосфор отмечен не был.

* Интересно отметить, что в 1958 г. в рудах Анкавана Пиджяном Г. О. были выявлены первичные минералы никеля (пока ближе не определенные) в ассоциации с энаргитом и теннантитом.

VII. СРАВНЕНИЕ МИНЕРАЛОГИИ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ ГЛАВНЕЙШИХ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ С НЕКОТОРЫМИ ДРУГИМИ СХОДНЫМИ МЕСТОРОЖДЕНИЯМИ

Особенности минералогии зоны окисления главных медно-молибденовых месторождений Армении прежде всего могут быть сравнимы с основными чертами минералогии зоны окисления широко известных промышленных медно-порфировых месторождений Казахстана и Средней Азии (Боше-Куль, Алмалык, Коунрад). Все эти месторождения в общем по типу, характеру оруденения, условиям образования рудных тел сходны между собой и несут черты сходства с Каджараном, Агараком и Дастакертом.

Ниже вкратце остановимся на вещественном составе и характере развития зоны окисления отдельных месторождений этой группы, насколько это позволяют существующие литературные данные о них.

Боше-Кульское месторождение находится в СВ части Казахстана. Рельеф в районе месторождения представляет почти плоскую равнину. Климат резко континентальный (климат сухих степей), столь характерный для Центрального и СВ Казахстана. В основном, рудное поле месторождения сложено вулканогенно-осадочной толщей кембрия, прорванной дайками гранит-порфиров варисского возраста, которые в той или иной степени изменены, местами сильно окварцованы или даже превращены в кварциты.

Форма оруденения гранит-порфиров — в основном тонкая вкрапленность сульфидов и значительно реже — тонкие про-

жилки. В порфиритах, наоборот, прожилки преобладают над вкрапленностью. Оруденение в основном медное; молибденита в рудах немного, он присутствует в виде тонкой вкрапленности и мельчайших жилок, главным образом, во вторичных кварцитах. На месторождении представлены зоны: окисленных руд, «выщелоченных» пород, вторичного сульфидного обогащения, первичных руд. Каждая зона, по форме почти приближается к горизонтальным пластообразным телам.

Первичные руды убогие, что отличает месторождение от Каджарана и Агарака, в которых первичные руды относительно богаты. Рудные минералы представлены, главным образом, пиритом, халькопиритом, небольшим количеством магнетита, борнита, молибденита, редко встречающимися сфалеритом, галенитом, марказитом, блеклой рудой, гематитом и пирротинном.

В зоне окисления отмечены, главным образом, лимонит, малахит, азурит, реже пирит, сажистые руды (тенорит и меланконит), ковеллин, куприт; очень редко — халькозин, борнит, молибденит с молибдитом, гематит, магнетит, самородная медь, хризоколла. Наибольшую роль в вещественном составе зоны окисления играет лимонит. Средняя мощность зоны окисления 17 м, ее границы с зоной «выщелоченных» пород нерезкие.

Алмалыкское месторождение находится к ЮВ от г. Ташкента. Климат северных предгорий Кураминского хребта, к которым тяготеет вся Алмалыкская группа медно-порфириновых руд, является резко континентальным. По характеру рельефа район месторождения относится к довольно сильно расчлененным предгорьям, формирование которых связано с молодыми поднятиями.

В геологическом строении района этих месторождений в основном принимают участие девонские доломиты, известняки и породы прорывающих их интрузий сиенитов, сиенито-диоритов, диоритов, монзонитов и даек гранит-порфира.

Район основного месторождения группы — Калмакырского — сложен чрезвычайно сильно измененными сиенитами и развитыми за их счет массивными вторичными кварцитами, интродуцированными штоком гранит-порфира. По периферии этого штока и в прилегающих сиенитах располагается гипогенное оруденение типа медно-порфириновых руд.

Первичные рудные минералы представлены: пиритом, халькопиритом, в меньшей степени гематитом, молибденитом. В небольшом количестве в оруденелых породах наблюдаются турмалин, блеклая руда, сфалерит, галенит, вольфрамит и постоянно содержится золото.

В зоне окисления широко распространены малахит и группа лимонитовых образований, менее распространены куприт, тенорит, азурит, самородная медь, брошантит, атакамит, хризоколла, бирюза, смоляная руда, меденосные каолины. Помимо этого присутствуют: халцедон, опал, каолинит, карбонаты, гипс, ярозит, алунит.

Большая часть наиболее широко распространенного минерала зоны окисления — малахита — образуется в результате изменения всех медьсодержащих минералов, за исключением силикатов и фосфатов. Интересно очень редкое присутствие азурита. Смоляная руда и другие медно-марганцовые соединения встречаются довольно часто. Среди лимонитовых образований, детально изученных М. Ф. Зениным, установлены как остаточные (рельефный, смоляной, узловатый, печенковый, тонкосетчатый, грубосетчатый, псевдоморфный), так и перенесенные (дендритовидный, окрашивающий, пропитывающий). Золото присутствует во всех зонах месторождения, но наиболее высокое его содержание устанавливается для зоны окисления. В первичных рудах оно ассоциируется с халькопиритом, в зоне окисления — с лимонитом и реже с кварцем.

Окисленные руды образуют пологопадающие линзообразные тела, расположенные вблизи поверхности, преимущественно в наиболее повышенных частях месторождения, и тяготеют к массивам вторичных кварцитов. Выдержанности в залегании окисленных руд нет, что объясняется сложным распределением первичных руд и широко варьирующей проницаемостью пород.

Богатые окисленные руды месторождения являются, по видимому, продуктом окисления древней зоны вторичного сульфидного обогащения, которая по возрасту относится ко времени формирования в основном доальпийского пенеплена, от верхнего палеозоя до верхнего мела.

Коунрадское месторождение находится в Казахстане на северном побережье озера Балхаш. Рельеф райо-

на месторождения характеризуется наличием холмов, с конусообразно заостренными вершинами и сглаженными, сбегаящими склонами. Климат сухой, резко континентальный. Количество выпадающих осадков очень низкое, не превышает 100 мм в год.

В геологическом строении района месторождения принимают участие осадочно-эффузивные породы силура и девона, отложения нижнего карбона и прорывающие их интрузии варисийских гранитов и гранитоидов. Рудное тело залегает в котловине, в ядре массива и окружено со всех сторон кольцевой грядой сопков из кварцитов, являющихся продуктом изменения, как гранодиоритов — порфирового штока (серицитовые кварциты), так и эффузивных пород (серицито-андалузитовые кварциты).

Медное оруденение приурочено к серицитовым кварцитам и выражено сетью кварцево-сульфидных прожилков и рассеянной вкрапленностью. Мощность всего рудного тела, а также отдельных его зон велика. Главной промышленной зоной месторождения является халькозиновая зона мощностью более 140 м. Первичные руды бедны и не являются промышленными. В их составе, помимо халькопирита и пирита, подчиненное значение играют сфалерит, энаргит, арсенопирит, борнит, блеклая руда и молибденит.

Промышленные руды месторождения сформировались в процессе поверхностного изменения (окисления и цементации). Мощность зоны окисления в среднем составляет 20—25 м. В зоне окисления, для которой устанавливается высокое содержание меди, обнаруживаются следующие минералы: лимонит, малахит, азурит, редкие зерна сульфидов железа и меди, опал, куприт, мелаконит, самородная медь, брошантит, цианотрихит, халькантит, каолинит (диккит), атакамит, хризоколл, медно-марганцовая смоляная руда, нонтронит, ярозит. Наиболее распространенным минералом данной зоны является лимонит, а из медьсодержащих — малахит. Пирита в зоне окисления очень мало, в зоне выщелачивания количество его несколько возрастает, а в зоне сульфидных руд пирит становится преобладающим рудным минералом. С пиритом, или возможно с лимонитом, связано золото. На более глубоких горизонтах месторождения присутствуют галенит, марказит.

Количество молибденита в рудах незначительно, но Мо извлекается наряду с медью.

Сравнивая минералогическую характеристику зоны окисления Каджарана, Агарака, Дастакерта со всеми вышеописанными месторождениями Казахстана и Средней Азии, прежде всего приходится остановиться на вопросе возраста и климатических условий данных месторождений.

Известно, что месторождения Армении имеют третичный возраст, тогда как сравниваемые месторождения Боше-Куль, Алмалык и Коунрад образовались в палеозойское время и фактически сейчас здесь на поверхности выходит древняя зона цементации. Месторождения же Армении находятся в области молодого рельефа и продолжающейся сильной эрозии, что не является благоприятным моментом для накопления окисленного материала и образования зоны цементации.

Развитие хорошо выраженной древней зоны цементации, подвергающейся в настоящее время окислению в месторождениях Казахстана и Средней Азии, находящихся к тому же в условиях жаркого сухого климата, приводит в конечном счете к образованию сульфатов, хлоридов, фосфатов, почти полностью отсутствующих в Каджаране, Дастакерте. Отсюда понятно и главное отличие ценности зоны окисления этих месторождений, а именно в Каджаране и Агараке окисленные руды практически являются пока небалансовыми, в то время как в Коунраде и Боше-Куле эти руды являются промышленными. Это обстоятельство тем более интересно, что первичные сульфидные руды Агарака и Каджарана значительно богаче первичных руд месторождений Казахстана.

Помимо вышеописанных месторождений СССР типа медно-порфировых руд, месторождения Армении интересно сравнить с наиболее крупным по запасам молибдена, мировым месторождением Клаймакс, находящимся в штате Колорадо (США), в области Скалистых гор. Месторождение расположено на высоте от 3600 до 3800 м над уровнем моря, в ледниковом амфитеатре. Климат суровый, снег выпадает даже летом.

Район месторождения сложен докембрийскими гранитами, сланцами и осадочными метаморфизованными породами, прорванными большим числом даек, меняющихся по составу.

ву от монзонит-порфиров до гранит-порфиров миоценового возраста. В районе месторождения прослежен крупный мощный разлом меридионального простираия, к востоку от которого расположено рудное тело, имеющее форму расширяющегося книзу конуса. На месторождении выделяются три концентрические зоны: а) центральная часть трубчатого тела, сложенная из слабооруденелого кварца; б) промежуточная зона, чрезвычайно интенсивно окварцованная, несущая главное молибденовое оруденение и, наконец, в) внешняя зона, состоящая уже из слабоизмененных пород. Оруденелые граниты промежуточной зоны пронизаны густой сетью кварцевых прожилков, содержащих молибденит.

Источником оруденения, по-видимому, явилась миоценовая интрузия, с которой связаны и наиболее близкие по возрасту к рудной минерализации гранит-порфиры.

Первичными рудными минералами являются: молибденит, пирит, халькопирит, сфалерит и гюбнерит, причем последние три минерала встречаются редко.

Высокогорные климатические условия месторождения явились, вероятно, одной из главных причин слабого развития зоны окисления, в рудах которой отмечаются лимонит, ярозит, ферримолибдит. Лимонит на поверхности распространен широко, но с глубиной количество его убывает и он приурочивается только к участкам циркуляции грунтовых вод по трещинам.

Ферримолибдит присутствует как на поверхности, так и на больших глубинах (до 150 м от поверхности), в участках сильной брекчированности пород. В поверхностных условиях около 25% всего молибдена окислено и представлено ферримолибдитом.

В заключение небезынтересно вкратце остановиться на характеристике развития зоны окисления крупнейшего в СССР молибденово-вольфрамового месторождения Тырны-Ауз, штокверковый характер оруденения которого, наличие вкрапленности рудных минералов в гранит-порфирах и роговиках, генетическая связь с миоценовыми (?) интрузиями, позволяет ряду авторов приближать его к Каджарану, Агараку и Дастакерту. С другой стороны, несомненный контактово-метасоматический тип месторождения с наложенной гидро-

термальной стадией, давшей молибденит, сближает его с Анкаваном (Мисханой).

Тырны-Аузское месторождение находится на Северном Кавказе, в Кабардинской АССР. Район месторождения высокогорный, с абсолютными высотами, превышающими 3000 м. Рельеф резкий, склоны хребта, к которым тяготеет рудное поле месторождения, чрезвычайно крутые. Эрозийным срезом уничтожена сравнительно небольшая часть скарнов, несущих молибденово-вольфрамовое оруденение. Главное тело рудных скарнов залегает в виде мощной седловидной залежи между мраморами (в лежащем боку) и биотитовыми роговиками. Образование рудных скарнов связывают с внедрением порфировидных гранитов, гранодиоритов и гранит-порфиров, прорывающих вулканогенно-осадочную толщу. Скарны содержат вкрапленное шеелитовое оруденение и густую сеть кварцевых прожилков с молибденитом. Кроме того, из первичных рудных минералов присутствуют халькопирит, пирротин, арсенопирит и сфалерит, содержащий рассеянный касситерит.

На месторождении типичной зоны окисления нет, что прежде всего объясняется геоморфологическим фактором и температурным режимом. Наиболее подвержен процессам окисления пирротин, но и он полностью нигде не разложен. В приповерхностных условиях отмечается наличие характерных пустоток выщелачивания агрегатов молибденита и развитие повеллита. Однако последний наблюдается иногда и на глубинах порядка от 200 до 400 м. Н. А. Хрущов высказывает предположение о вероятности двух генераций повеллита: а) нормального, образованного в результате окисления молибденита в поверхностных условиях и б) глубинного, образованного под влиянием последних фаз гидротермального процесса*. Ферримолибдит на месторождении развит значительно слабее.

В отношении развития повеллита Тырнаузское месторождение довольно резко отличается не только от относимых

* В этом отношении очень интересные экспериментальные исследования проведены Н. И. Хитаровым, в результате которых он также склонен допускать образование повеллита в некоторых случаях за счет воздействия на молибденит не только поверхностных процессов, но и глубинных (73).

к другому типу медно-молибденовых порфировых месторождений Армении (за исключением Центрального участка Каджарана), но также и от сходного скарнового месторождения Анкаван. Здесь, по-видимому, решающим фактором является более карбонатный и известковистый характер поверхностных вод на Тирнаузском месторождении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимость изучения минералогии зоны окисления рудных месторождений очевидна.

В условиях Армении, на небольшой территории которой концентрируется известная часть общесоюзных запасов меди и значительная часть союзных запасов молибдена, познание минералогии окисленных медно-молибденовых руд приобретает чрезвычайно актуальное значение. И несмотря на кажущуюся уже достаточную изученность всех известных медно-молибденовых месторождений, поисково-разведочные работы последних лет убедительно свидетельствуют о возможном нахождении как новых месторождений (Дастакерт), так и о выявлении промышленной перспективности давно известных заброшенных месторождений (Анкаван).

Проведенная автором работа имела своей целью охарактеризовать те изменения, которые претерпели главнейшие медно-молибденовые месторождения Армении в связи с воздействием явлений выветривания. Иногда эти явления настолько значительны и вызывают настолько сильные изменения минералогического и химического состава руд, что создаются большие трудности не только при оценке перспектив месторождения на глубине, но даже при определении характера первичных руд. Эти трудности обусловлены прежде всего совершенно различным поведением отдельных элементов в условиях зоны окисления и нередко наблюдаемым, почти полным удалением некоторых из них с поверхности, так что лишь тщательный анализ всего минералогического материала позволяет выявить их наличие; в то же время другие элемен-

ты не только сохраняются, но даже концентрируются в значительно больших количествах по сравнению с первичными рудами. Однако правильная характеристика зоны окисления и вопросов миграции в ней отдельных элементов требует не только тщательного изучения минералогического состава окисленных руд, но также анализа ряда других факторов, влияющих на условия их формирования. Поэтому в работе рассмотрены с возможной полнотой также геологическая обстановка месторождений, состав и характер распределения первичных руд, рельеф, климат, состав рудничных вод и многие другие факторы, связанные с комплексом рассматриваемых явлений.

Следует, однако, отметить, что при анализе сложных процессов, протекающих в зонах окисления сульфидных месторождений, наиболее важным, проливающим свет на познание сущности этих процессов, является тщательное, детальное изучение минералов, слагающих зону окисления. Общеизвестно, что окисленные руды крайне неоднородны и отличаются своим многообразием и сложностью минеральных ассоциаций. В то же время иногда даже небольшая деталь состава окисленных руд является показателем основных особенностей состава первичных руд. Вот почему автор приводит в работе возможно более подробную характеристику условий нахождения каждого из описываемых минералов зоны окисления и их взаимоотношения друг с другом и с первичными минералами. В этом отношении убедительным примером может явиться обнаружение германия в рудах Анкавана.

Первоначально присутствие германия было установлено только в лимонитах месторождения. Более поздние минералогические работы подтвердили этот факт и на месторождении был обнаружен незначительное количество первичных германиевых минералов — ренниерит, германит и др.

Необходимо отметить, что специально изучением вопросов минералогии зоны окисления медно-молибденовых месторождений Армении до сих пор никто не занимался. Опыт же изучения характера поверхностных выходов промышленных медно-молибденовых месторождений имеет большое значение при дальнейших поисковых работах и оценке вновь выявленных

рудопроявлений, а также в решении ряда вопросов, возникающих при обогащении окисленных медно-молибденовых руд.

Как известно, в ряде случаев схема обогащения окисленных и первичных руд меди совершенно различна и в существенной степени зависит от природы минерала, содержащего основную часть меди в руде, а проблема обогащения окисленных молибденовых руд ждет еще своего разрешения. Наконец, известно насколько существенную роль играют процессы миграции меди в связи с процессами окисления при общей оценке, промышленном освоении и выборе системы эксплуатации на медно-порфировых месторождениях, в зависимости от того содержатся ли кондиционные руды в зоне окисления, в зоне вторично обогащенных руд или же в участках, не затронутых процессами поверхностного изменения.

Анализ всего приведенного в работе материала позволяет автору прийти к следующим основным выводам:

1. Все изученные медно-молибденовые месторождения Армении, как известно, имеют молодой третичный возраст и расположены в районах с резко расчлененным рельефом. Это обстоятельство существенно влияет на характер развития как самой зоны окисления, имеющей обычно сравнительно небольшую глубину, так и на характер развития зоны вторичного сульфидного обогащения. Последняя обычно проявлена слабо, и в этом отношении медно-молибденовые месторождения Армении могут в известном смысле быть противопоставлены палеозойским медно-молибденовым месторождениям Казахстана и Средней Азии, расположенным в условиях более спокойного рельефа.

2. Процессы окисления в настоящее время для ряда месторождений Южной Армении протекают в условиях сравнительно сухого, жаркого климата, характеризующегося относительно небольшим количеством осадков (Агарак) и климата зон альпийских высот (Дастакерт, Каджаран). Климатические условия для Центральной Армении, где расположено Анкаванское месторождение, несколько отличны и характеризуются значительно большим количеством осадков. Это обстоятельство, так же как и положение месторождений в отношении современного рельефа сказывается в значительной степени на глубине проникновения нисходящих вод и связанных с этим

особенностях зоны окисления. Как видно из сравнительной таблицы минералов зоны окисления, приведенной в предыдущей главе, для Агаракского месторождения, расположенного, пожалуй, в условиях наиболее сухого климата, больше всего характерно развитие среди новейших новообразований таких легко растворимых сульфатов, как халькантит; здесь же был даже установлен минерал из группы блёдита. Сульфаты, отличающиеся сравнительно меньшей растворимостью, встречаются также и в других месторождениях Южной Армении (Каджаран, Дастакерт). Различие в особенностях географического и геологического положения месторождений и в характере состава руд, как это было показано в предыдущей главе, проявляются и в ряде других отличительных черт зоны окисления.

3. Изучение содержащих медь минералов показало, что помимо малахита и азурита, существенными медными минералами зоны окисления некоторых месторождений Армении (табл. 47) являются лампадит (медистый вад), реже медномарганцовая смоляная руда. Все остальные медные минералы (самородная медь, куприт, хризоколла, корнунт, брошантит) играют сравнительно подчиненную роль. В Каджаране, характеризующемся полуинертной обстановкой, медь выщелачивается слабо (в рудничных водах она не обнаружена) и здесь ее содержание в зоне окисления мало отличается от содержания в первичных рудах. В Агараке, в условиях более инертной обстановки, процессы выщелачивания меди проявлены относительно более отчетливо.

4. Большой интерес представляет минералогия и поведение молибдена в зоне окисления. Общепринято считать, что молибденит принадлежит к группе сульфидов сравнительно медленно разлагающихся в условиях зоны окисления. Наши наблюдения показали, что он все же подвергается сравнительно интенсивному выщелачиванию. Это подтверждается и анализами рудничных вод, показавших во всех случаях присутствие иона MoO^{4-}_4 .

Очень интересны результаты химико-спектральных анализов минералов зоны окисления, показавшие довольно широкое рассеяние молибдена в условиях зоны гипергенеза: молиб-

ден в более заметных количествах был установлен в лампадите, лимонитах, медно-марганцовой руде, скородите, хризоколле и ряде других минералов.

В приповерхностных условиях ряда месторождений (Каджаран, Агарак) были отмечены характерные пустотки выщелачивания, образованные в результате выщелачивания агрегатов таблитчатых пластинок молибденита, причем наличие таких пустоток в Агараке тем более интересно, что здесь происходит чрезвычайно быстрый механический снос окисленного материала.

Почти во всех изученных месторождениях единственным собственным молибденовым минералом зоны окисления, кроме первичного молибденита, является ферримолибдит, а повеллит в заметных количествах был встречен лишь в Каджаране, что вполне объясняется условиями формирования этих минералов.

Все эти обстоятельства должны учитываться при оценке результатов анализов окисленных руд на молибден и медь и разработке вопросов их обогащения.

5. Работа по изучению минералогии зоны окисления медно-молибденовых месторождений позволила автору впервые установить следующие гипергенные минералы, неизвестные раньше для месторождений:

а) в Каджаранском месторождении: кварц, стильпносидерит, лампадит, медно-марганцовую смоляную руду, галлуазит, корнунт, феррокупрохалькантит, фиброферрит, ярозит;

б) в Агаракском месторождении: стильпносидерит, лампадит, медно-марганцовую смоляную руду, анкерит, галлуазит, минерал из группы блёдита;

в) в Дастакертском месторождении: медно-марганцовую руду, галлуазит, аллофан, халькантит, копиапит, ярозит;

г) в Анкаванском месторождении: самородную медь, медно-марганцовую смоляную руду, стильпносидерит, галлуазит, хризоколлу, скородит, лейкохальцит (?), фармакосидерит, гипс, халькантит.

Одновременно при попутном изучении первичных руд автором были впервые обнаружены следующие гипогенные минералы:

а) в Агаракском месторождении — самородное золото, висмутовые минералы, энаргит;

б) в Дастакертском месторождении — самородное золото, борнит;

в) в Анкаванском месторождении — марказит.

6. При проведении автором работы было выполнено довольно значительное количество спектральных анализов минералов. Эти анализы показали присутствие в минералах зоны окисления ряда редких и рассеянных элементов: кобальта, галлия, никеля, вольфрама и других. Полученные данные представляют определенный интерес для общих вопросов геохимии, пополняют наши сведения о химическом составе отдельных минералов и являются своего рода индикатором при более детальных работах, поисках редкометального оруденения.

7. Разведочные работы на Каджаранском и Агарацком месторождениях показали, что окисленные руды играют известную роль в общем балансе руд этих месторождений. Автор надеется, что приведенные им данные о минералогическом составе руд и характере минералов, содержащих ведущие элементы — медь и молибден, — будут способствовать дальнейшей разработке вопросов, связанных с проблемой обогащения окисленных руд медно-молибденовых месторождений Армении.

Работа автора отображает лишь определенный этап в изучении минералогии окисленных руд медно-молибденовых месторождений Армении. Необходимы дальнейшие работы, которые должны развиваться в двух основных направлениях. С одной стороны, должны быть углублены исследования на уже изученных месторождениях, по которым должен быть получен фактический материал в связи с их дальнейшим промышленным освоением и вскрытием ряда новых горных выработок. С другой стороны, эти исследования должны охватить новые, еще не изученные проявления медно-молибденового оруденения в республике.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Адамян А. И. Петрография щелочных пород Мегринского района Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, 1955.
2. Азизбеков Ш. А. Тектоника Нахичеванской АССР по новым данным. Труды совещания по тектонике Альпийской геосинклинальной области юга СССР. Изд. АН АзССР, 1956.
3. Акопян Е. А. К минералогии зоны окисления главнейших медно-молибденовых месторождений Армении (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Анкаван). Изв. АН АрмССР (сер. геол. и географ. наук), т. X, № 1, 1957.
4. Багратуни Е. Г., Грушевой В. Г., Русаков М. П. «Агарак» (медно-молибденовое месторождение в ССР Армении). Изд. Зак. геол. разв. треста, 1932.
5. Баклаков М. С. Зона окисления молибденовых месторождений Северо-Западного Алтая. «Редкие металлы», № 4, 1937.
6. Бастин Э., Грейтон Л., Линдгрэн и др. Критерии возрастных соотношений минералов по наблюдениям в полированных шлифах. Изд. ОНТИ НКТП. Перев. с англ. под ред. проф. Шахова Ф. Н., 1934.
7. Баталов А. Б. К минералогии окисленных руд. Абаила. Изд. АН УзССР, 1946.
8. Бетехтин А. Г. Классификация структур и текстур руд. Изв. АН СССР, № 1, 1937.
9. Бетехтин А. Г. Классификация структур и текстур руд. Изв. АН СССР, № 2, 1937.
10. Бетехтин А. Г. О генерациях рудных минералов. Зап. Всес. мин. общ., № 3, 1949.
11. Бетехтин А. Г. Понятие о парагенезисе минералов. Известия АН СССР, № 2, 1949.
12. Бетехтин А. Г. Парагенетические соотношения и последовательность образования минералов. Зап. Всес. мин. общ., № 2, 1951.
13. Бленчерд Р. и Босуэль П. Ф. Лимонит, происшедший из молибденита. Перев. с англ. Фонд ВСЕГЕИ, 1935.
14. Бэтман А. М. Промышленные минеральные месторождения. Изд. иностранной литер., 1949.

15. Вандервильт Д. Месторождения молибденита. Сб. «Геология рудных месторождений западных штатов США», 1937.
16. Варданияц Л. А. К вопросу о генезисе молибденита в вольфрамово-молибденитовых месторождениях «скарнового» типа. Зап. мин. общ., № 3, XXV, 1946.
17. Воынский И. С. Определение рудных минералов под микроскопом. Госгеолиздат, 1947.
18. Габриелян А. А., Тахтаджян А. Л. К вопросу о возрасте угленосных отложений Мегринского района АрмССР. Докл. АН АрмССР, № 1—2. 1944.
19. Газизова К. С. Медное месторождение Коунрад. Геолого-структурные и генетические особенности медного месторождения Коунрад. Госгеолтехиздат, 1957.
20. Гомелаури Н. Г., Вартанянц К. Т. Изучение обогатимости Пирдоуданской молибденово-медной руды методом флотации. Труды Груз. отд. ВИМС, вып. I, 1938.
21. Григорьев Д. П. Борнито-халькопиритовые прорастания, как признак рудообразования. Зап. мин. общ., ч. II, вып. 4, 1944.
22. Григорьев Д. П. О генезисе натечных или метаколлоидных, колломорфных агрегатов минералов. Зап. Всес. мин. общ., № 1, 1953.
23. Грушевой В. Г. Интрузивные породы юго-восточной части АрмССР и восточной части НахАССР. Сб. «Интрузивы Закавказья». Труды Груз. ГГУ, вып. II, 1941.
24. Дана Э. С. Описательная минералогия, 1937.
25. Долуханова Н. И. Опыт применения гидрохимической съемки на медно-молибденовых месторождениях АрмССР. Изд. АН АрмССР, 1958.
26. Дружинин А. В. Особенности формирования и строения зоны окисления молибденового месторождения Давенда. «Советская геология». Сборник 53, 1956.
27. Жариков В. А. Геология и метасоматические явления скарново-полиметаллических месторождений Западного Казахстана. Изд. АН СССР, 1959.
28. Замятин П. М., Чирков И. Н. Пирдоуданское медно-молибденовое месторождение в ССР Армении. «Цветные металлы», № 1, 1937.
29. Зенин М. Ф. Продукты окисления и выщелачивания сульфидов, как критерий оценки месторождений медно-порфировых руд по выходам. Изд. Ср. Аз. Индустр. института, 1938.
30. Зенин М. Ф. Классификация внешних признаков лимонитовых образований Алмалыка. Изд. Геол. института УзССР, 1939.
31. Исаенко М. П. К вопросу о генезисе гипса в медно-молибденовых рудах Закавказья. Труды Московского геолого-разведочного института им. С. Орджоникидзе, т. XXIX, 1956.
32. Казарян А. Г. Об околорудно-измененных породах Каджаранского месторождения. Изв. АН АрмССР (серия геол. и геогр. наук), т. XI, № 6, 1958.

33. Карамян К. А. Особенности минерализации Дастакертского медно-молибденового месторождения. Известия АН АрмССР, сер. геол. и геогр. наук, 1958, № 3.
34. Карамян К. А. Германиеносные сульфиды Дастакертского медно-молибденового месторождения: «Доклады» АН АрмССР, т. XXVII, 1958, № 4.
35. Карамян К. А. Германит и рениерит в рудах Дастакертского медно-молибденового месторождения. Зап. Арм. отд. Всесоюзного минер. общ., выпуск I, 1959.
36. Котляр В. Н. Интрузивы Даралагеца и Сисиана. «Советская геология», № 7, 1940.
37. Котляр В. Н. Памбакский комплекс щелочных пород. Изв. АН АрмССР, № 2, 1945.
38. Котляр В. Н. Структура и генезис Мисханского молибденово-медного месторождения в Армении. Изв. АН АрмССР, № 2, 1946.
39. Кротов Б. П., Успенский Н. А. и др. Железорудные месторождения Алапаевского типа на восточном склоне Среднего Урала и их генезис. т. I и II, 1936.
40. Культиасов С. В. Нур-атинское месторождение молибденового блеска и повеллита. «Разведка недр», № 11, 1933.
41. Ларсен Е., Берман Г. Определение прозрачных минералов под микроскопом.
42. Магакьян И. Г. и Ароян-Иашвили В. Х. Новые данные по геологии и рудоносности Баргушатского хребта. Изв. АН АрмССР, № 10, 1946.
43. Минералы СССР. Изд. АН СССР, т. I и II.
44. Минеральные ресурсы Армении. Изд. ИГН АН АрмССР, т. I, 1946.
45. Митрофанов С. И. Общие условия обогащения окисленных медных руд. Металлургиздат, 1956.
46. Мовсесян С. А. Пирдоуданское медно-молибденовое месторождение. Изд. Арм. ФАНА, 1941.
47. Мовсесян С. А. Интрузии Центральной части Зангезурского (Конгуро-Алангезского) хребта и связанные с ними полезные ископаемые. Изд. АН АрмССР, 1953.
48. Мкртчян С. С. Новые данные по стратиграфии Южного Зангезура. Изв. АН АрмССР, № 4, 1944.
49. Мкртчян С. С. Пирдоуданское медно-молибденовое месторождение. Изв. АН АрмССР, № 1—2, 1944.
50. Мкртчян С. С. Зангезурская рудоносная область Армянской ССР. Изд. АН Армянской ССР, 1958.
51. Наковник Н. И. Диксит из вторичных кварцитов Казахской степи. Зап. минер. общ., часть 69, № 4, 1940.
52. Никонова Л. И. К вопросу о формах нахождения молибдена в окисленных рудах. ЗВМО. Вторая серия, ч., 85, вып. 3, 1956.
53. Новохатский И. П. О распространении молибдена в рудах Казахстана. «Цветн. металлы», № 4—5, 1935.

54. Новохатский И. П. и Калинин С. К. Молибден в минеральных, рудничных и поверхностных водах. Докл. АН СССР, № 3, XXIV, 1939.
55. Орлова Е. В., Маркова Е. И. Ресурсы меди, свинца и цинка в капиталистических странах. Госгеолтехиздат, 1957.
56. Пиджян Г. О. О псевдоморфозах халькопирита по пириту. Зап. Всес. мин. общ., № 4, 1950.
57. Пиджян Г. О. К геохимии руд Дастакертского медно-молибденового месторождения. Известия АН АрмССР, серия геол. и геогр. наук, 1958, № 4.
58. Радкевич Е. А. О рудах коллоидного происхождения. Известия АН СССР, № 2, 1952.
59. Русаков М. П. Медное месторождение Коунрад. Горногеолнефизд., 1934.
60. Седлецкий И. Д. Коллоиды и коллоидно-дисперсные минералы. Зап. Всес. мин. общ., № 4, 1954.
61. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. 1955.
62. Смольянинов Н. А., Синегуб Е. С. Определитель гипергенных минералов. Госгеолиздат, 1950.
63. Соловьев С. П. Рудоносный район Тырны-Ауз. Изд. АН СССР, 1940.
64. Соловьев Ю. С. К минералогии зоны окисления Меднорудянского месторождения. Труды Горно-геол. треста Уральского филиала АН СССР, № 20, 1953.
65. Точилин М. С. О минералогической сущности турьита. ДАН СССР, т. 81, № 1, 1951.
66. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 25. Медь. Госгеолиздат, 1947.
67. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Вып. 27. Молибден. Госгеолиздат, 1947.
68. Усатая Е. С. Об окислении молибденита в водных растворах. Зап. Всес. мин. общ., № 4, 1952.
69. Фарамазян А. С. К минералогии полиметаллических руд Каджаранского медно-молибденового месторождения. Известия АН АрмССР, серия геол. и геогр. наук, т. XI, № 6.
70. Хитаров Н. И., Муликовская Е. П. К геохимии рудничных вод сульфидных месторождений. «Проблемы советской геологии», № 8, 1935.
71. Хитаров Н. И. и Иванов Л. А. К геохимии молибдена в условиях окисленной зоны. Мат. ЦНИГРИ. Сб. I, 1937.
72. Хитаров Н. И. и Иванов Л. А. О взаимосвязи молибдена с кремневой кислотой. Докл. АН СССР, т. XXVII, № 7, 1940.
73. Хитаров Н. И. Повеллит — минерал только ли зоны окисления? Изв. АН АрмССР, № 8, 1947.
74. Христофоров Б. С., Гвоздева Л. Н., Архипова З. М. К химии молибденита. Зап. Всес. мин. общ., № 1, 1954.
75. Хрущов Н. А. Молибден в медно-порфировых рудах Союза. «Разведка недр», № 11, 1933.
76. Хрущов Н. А. Генетические типы молибденовых месторождений СССР. XVII Межд. Геол. Конгресс. Тезисы докладов, 1937.

77. Хрущов Н. А. Тырны-Ауз (скарновое вольфрамо-молибденовое месторождение на Северном Кавказе). «Советская геология», № 2, 1958.
78. Чухров Ф. В. Изучение минералогии зоны гипергенеза рудных месторождений. Мат. по геологии Центр. Казахстана, 1940.
79. Чухров Ф. В. Рудные месторождения Джезказгано-Улутавского района в Казахстане. Изв. АН СССР, 1940.
80. Чухров Ф. В. Современные минеральные новообразования из некоторых месторождений Казахстана. Зап. Всес. мин. общ., № 3, ч. 74, 1945.
81. Чухров Ф. В. О миграции золота в зоне окисления. Изв. АН СССР, № 4, 1947.
82. Чухров Ф. В. Значение выщелачивания молибдена для оценки молибденовых месторождений в Центральном Казахстане. «Советская геология», № 14—15, 1947.
83. Чухров Ф. В. К вопросу о подзоне выщелачивания на Коунраде. «Советская геология», сб. 29, 1948.
84. Чухров Ф. В. Восточно-Коунрадское месторождение, как представитель кварцево-молибденовой формации Центрального Казахстана. «Советская геология», сб. 31, 1948.
85. Чухров Ф. В. Образование ярозита в зоне окисления. ДАН, т. XXII, № 4, 1950.
86. Чухров Ф. В. О древнем возрасте зоны окисления месторождений степной части Казахстана. Известия АН СССР, № 2, 1952.
87. Чухров Ф. В. О последовательности формирования зоны окисления в месторождениях степной части Казахстана. Сборник «Вопросы петрографии и минералогии», т. 2, Изд. АН СССР, 1953.
88. Чухров Ф. В. Коллоиды в земной коре. Изд. АН СССР, 1955.
89. Шадлун Т. Н. Минералогия зоны окисления колчеданного месторождения Блява на Южном Урале. Труды ИГН АН СССР, вып. 96, 1948.
90. Щеголев Д. И. Рудничные воды. Углетехиздат. 1948.
91. Щербина В. В. Парагенезис гипергенных минералов в зависимости от степени окисляемости. Труды ИГН АН СССР, вып. 39, 1940.
92. Щербина В. В. К геохимии зоны окисления рудных месторождений. «Сов. геология», 43, 1955.
93. Юшко С. А. Определение минералов группы окислов и гидроокислов железа в отраженном свете. «Кора выветривания» — выпуск I, Изд. АН СССР, 1952.
94. Юшко С. А. Новые методы минералогического исследования окисленных руд. Госгеолтехиздат, 1955.
95. Эммонс В. Вторичное обогащение рудных месторождений, 1935.
96. Янишевский Е. М. Поведение молибдена в условиях окисленной зоны рудных месторождений. Труды МГРИ, т. I, 1936.
97. Янишевский Е. М. К вопросу о совместном нахождении молибдена и ванадия в окисленной зоне рудных месторождений. «Советская геология», № 2, 1934.

98. Янишевский Е. М. Молибденоносность вкрапленных медных руд Коунрадского месторождения. «Советская геология», № 10—11, 1939.
99. Vanderwilt I. W. and King R. U. Geology R. U. of the Climax Ore Body Min. and Met. V. 27, № 274, 1946.
100. Vanderwilt I. W. and King R. U. Hydrothermal alteration at the Climax molybdenite deposit. January, 1955. Mining engineering—1,
101. Palache Charle. Lindgrenit, a new mineral. The Amer. Mineralogist. № 7, 1935.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр
Предисловие	5
Введение	7
<i>I. Краткая геологическая характеристика района расположения медно-молибденовых месторождений Южной Армении . .</i>	<i>11</i>
<i>II. Минералогия зоны окисления Каджаранского медно-молибде- нового месторождения</i>	<i>17</i>
1. Геологическая характеристика месторождения и осо- бенности его структуры	—
2. Характер развития зоны окисления	23
3. Описание минералов	33
а. Минералы первичного оруденения (гипогенные) . .	34
б. Минералы зоны вторичного сульфидного обогаще- ния	39
в. Минералы зоны окисления	—
г. Минералы вмещающих гидротермально измененных пород (жильные минералы)	66
4. Краткая характеристика химизма рудничных вод	68
5. О миграции меди в зоне окисления	76
6. К вопросу о миграции и выщелачивании молибдена в зоне окисления месторождения	78
<i>III. Минералогия зоны окисления Агаракского медно-молибдено- вого месторождения</i>	<i>88</i>
1. Геологическая характеристика месторождения и особен- ности его структуры	—
2. Характер развития зоны окисления	97
3. Описание минералов	106
а. Минералы первичного оруденения (гипогенные) . .	—
б. Минералы зоны вторичного сульфидного обогащения	115
в. Минералы зоны окисления	116
г. Минералы гидротермально измененных пород (жиль- ные минералы)	142
	251

4. Краткая характеристика химизма рудничных вод . . .	143
5. К вопросу о миграции и выщелачивании меди и молибдена в зоне окисления месторождения	149
IV. Минералогия зоны окисления Дастакертского медно-молибденового месторождения	154
1. Общая геологическая характеристика Баргушатского рудного района	—
2. Геологическая характеристика месторождения и особенности его структуры	155
3. Характер развития зоны окисления	159
4. Описание минералов	163
а. Минералы первичного оруденения (гипогенные) . .	—
б. Минералы зоны вторичного сульфидного обогащения	169
в. Минералы зоны окисления	
5. Краткая характеристика химизма рудничных вод . . .	
6. К вопросу о поведении меди и молибдена в зоне окисления	
V. Минералогия зоны окисления Анкаванского (Мисханского) медно-молибденового месторождения	
1. Общая геологическая характеристика Памбакского рудного района	
2. Геологическая характеристика месторождения	
3. Описание минералов	
а. Минералы первичного оруденения (гипогенные) . .	
б. Минералы зоны вторичного сульфидного обогащения	198
в. Минералы зоны окисления	—
4. Краткая характеристика химизма рудничных вод . . .	214
VI. Сравнительная характеристика минералогии зоны окисления изученных месторождений Армении	218
VII. Сравнение минералогии зоны окисления главнейших медно-молибденовых месторождений Армении с некоторыми другими сходными месторождениями	231
Заключение	239
Литература	245

ЕЛЕНА АЛЕКСАНДРОВНА АКОПЯН
МИНЕРАЛОГИЯ ЗОНЫ
ОКИСЛЕНИЯ ГЛАВНЕЙШИХ
МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ АРМЕНИИ

Отв. редактор И. Г. МАГАКЬЯН

Редактор издательства А. А. ВАРТАНЕСОВА
Технич. редактор Л. А. АЗИЗБЕКЯН
Корректор М. Т. ДАЛЬВАДЯНЦ

ВФ 08880. РИСО 566. Изд. 1762. Тираж 500.

Сдано в набор 15/X 1959 г. Подписано к печати 8/VII 1960 г. Формат бумаги $60 \times 92^{1/16}$

Печ. л. 15,82+2 вкл. Уч.-изд. л. 13,4

Заказ 447. Цена с переплетом 8 р. 70 коп.

Типография Издательства Академии наук
Армянской ССР, Ереван,
ул. Абовяна, 124.

С 1/1 1961 г. цена 87 к.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
39	2-ая сверху	шлифах	шлихах
124	фиг. 43	структура	текстура
169	фиг. 63	Мегри-ли	Мегрили
209	фиг. 81	Дяляния	Дальняя
229	15-ая сверху	Германий	Германий*
240	8-ая снизу	был обнаружен	было обнаружено

12533