

Н. И. Долуханова

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ  
ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ  
НА МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯХ  
АРМЯНСКОЙ ССР



ЕРЕВАН · 1958

ЦЕНА 3 Р. 80 К.

11952

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ  
ԳԵՈՂՈԳԻԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Ն. Ի. ԴՈՂՈՒԽԱՆՈՎԱ

ՀԻԴՐՈՔԻՄԻԱԿԱՆ ՀԱՆԱՆԿԱՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՓՈՐՁԸ  
ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ՊՂԻՆՁ-ՄՈՂԻԲԴԵՆԱՅԻՆ  
ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐՈՒՄ

55 1. 46 : 550.9 4 .

Д.

Н. И. ДОЛУХАНОВА

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ  
НА МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ  
АРМЯНСКОЙ ССР**

11952  
17857

*Печатается по постановлению  
Редакционно-издательского совета  
Академии наук Армянской ССР*

Книга является обобщением результатов гидрохимических исследований, проведенных на территории медно-молибденовых месторождений Армянской ССР. В ней предлагается новая методика почвенно-гидрохимической съемки на поиски месторождений молибдена, разработанная на основе изучения геохимии вод медно-молибденовых месторождений и исследований миграционной способности молибдена. Книга рассчитана на гидрохимиков и геологов-поисковиков.

## В В Е Д Е Н И Е

В 1950 году нами было начато изучение вод, связанных с рудными месторождениями Армянской ССР. Необходимость изучения рудничных вод была вызвана, в основном, тем обстоятельством, что воды этого типа в Армении до сих пор систематически не изучались, тогда как их изучение представляет огромный научный и практический интерес.

Известно, что вода играет большую роль в процессе перераспределения элементов в земной коре. Поэтому в изучении окисленной зоны рудных месторождений большую помощь может оказать познание химической сущности рудничных вод и их поведения.

Рудничные воды в ряде случаев мешают эксплуатации месторождения, обводняя выработки, а зачастую и оказывая коррозионное действие на горнорудное оборудование. Борьба с этим требует определения путей проникновения вод в выработки и изучения химического состава вод.

Рудничные воды отдельных месторождений могут оказаться дополнительным источником получения металлов. В ряде случаев рудничные воды могут иметь и бальнеологическое значение.

Познание химического состава вод определенных типов месторождений может позволить выявить гидрохимические поисковые критерии на руды.

Изучение рудничных вод нами было начато с медно-молибденовых месторождений Армении, что представляло интерес для освещения вопросов, связанных с пониманием условий миграции молибдена.

Медно-молибденовые месторождения Армянской ССР расположены, в основном, в юго-восточной части республики в районе Зангезурского хребта (Каджаранское и Агаракское м-ния) и его отрога Баргушатского хребта (Дастакертское м-ние). Анкаванское м-ние расположено в центральной части республики в районе Памбакского хребта. Работы были начаты с Каджаранского медно-молибденового месторождения и в процессе изучения его гидрогеологии было установлено, что в условиях Каджарана воды являются хорошим поисковым признаком на молибден. По наличию в водах молибдена и повышенному содержанию в них сульфатов был отчетливо выделен тип вод, связанных с рудоносными монцонитами. Аналогичное массовое химическое опробование вод было проведено в дальнейшем и на Агаракском, Дастакертском и Анкаванском медно-молибденовых месторождениях. И во всех случаях вода оказывалась прекрасным поисковым признаком. Указанное обстоятельство придало

намеченным исследованиям несколько иное направление. Основное наше внимание было направлено на разработку методики гидрохимической съемки для поисков и оконтуривания месторождений молибдена.

В основе разработанной методики лежит общеизвестное положение о существовании над месторождениями полезных ископаемых их ореолов рассеяния.

Элюво-делювиальные отложения, покрывающие месторождения, являются продуктом разрушения рудовмещающих пород и, понятно, уже должны содержать в каком-то количестве молибден. Кроме того, молибден образуется в ореоле рассеяния за счет осаждения из вод, поступающих из зоны окисления рудного тела.

Величина рН природных растворов является главным физико-химическим фактором, определяющим концентрацию и поведение в водах различных металлов. Молибден удерживается в растворе при повышенном значении рН и поэтому содержится в нейтральных растворах, каковыми являются грунтовые воды, циркулирующие в районе месторождений. В условиях горной страны, каковой является Армения, расчлененность рельефа создает отдельные орографические единицы с самостоятельным гидрогеологическим режимом, что локализует ореолы рассеивания на площади самого месторождения. Все перечисленные обстоятельства, подкрепленные фактами, позволяют считать не только возможным, но и одним из наилучших методов поисков ореолов рассеивания молибдена массовое гидрохимическое опробование родников и ручьев на больших площадях, перспективных в отношении медно-молибденового оруденения.

Однако чисто гидрохимические методы поисков ореолов рассеивания страдают одним весьма существенным недостатком. Возможности этого метода ограничены. Площади, где отсутствуют выходы вод, остаются неосвещенными. Этот недостаток мы устранили путем как бы искусственного создания выхода воды, замены выхода воды исследованием воднорастворимых частей наносных образований в любой точке.

Присутствие молибдена в воднорастворимой части почвы было установлено нами впервые. Предложенная нами почвенно-гидрохимическая съемка методом самых простых водных вытяжек оправдала себя в процессе наших исследований. Она отличается своей простотой, быстротой, дешевизной и возможностью прямой оценки перспективности района. Может быть проведена в любом масштабе и при любой густоте точек.

Настоящая работа наряду с изучением геохимии вод, связанных с медно-молибденовыми месторождениями, посвящается результатам опробования предложенной методики в районах медно-молибденовых месторождений Армянской ССР. Все вопросы рассматриваются отдельно для каждого месторождения в условиях его конкретной физико-географической, геологической и гидрогеологической обстановки.

Химические анализы вод и водных вытяжек из почв производились в гидрохимической лаборатории Института геологических наук Академии наук Армянской ССР кандидатом химических наук Э. А. Кюрегян. Ею

же была разработана полевая методика быстрого и чувствительного определения содержания молибдена в водах и водных вытяжках из почвы, полностью оправдавшая себя в процессе полевых работ. За проведенные исследования и помощь в работе автор выражает Э. А. Кюрегян свою глубокую признательность.

В процессе исследований автор пользовался консультацией и советами кандидата геолого-минералогических наук Н. И. Хитарова, которому приносит свою благодарность.

## I. КАДЖАРАНСКОЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Гидрогеологическая обстановка месторождения Каджаран была изучена, в основном, в 1950 году. Тогда же впервые была проведена гидрохимическая съемка в районе месторождения и на прилегающей к нему площади (10).

Гидрохимическая съемка была повторена в том же районе и несколько расширена по площади в 1951 году. Отдельные пробы вод отобраны и в 1952 году. В 1953 году проведена почвенно-гидрохимическая съемка вдоль левого берега р. Охчи, от участка Давачи до участка Аткиз.

### 1. Общие физико-географические условия района месторождения

Каджаранское медно-молибденовое месторождение находится в юго-восточной части Армянской ССР в верховьях р. Охчи, впадающей в р. Аракс. Месторождение расположено в одном из восточных отрогов наиболее высокого в Закавказье Зангезурского хребта, отделяющего НахАССР от Армении.

Район высокогорный, сильно расчлененный с резко выраженными хребтами преимущественно широтного направления, имеющими значительные относительные высоты и разделенными друг от друга узкими долинами горных рек и ручьев. Склоны гор изрезаны оврагами. В рельефе района, достаточно обособленной орографической единицей, выделяется гора Пирдоудан, к которой приурочен центральный участок месторождения (фиг. 1).

На севере гора Пирдоудан отрезается долиной р. Охчи, на юге и юго-востоке долиной реки Сегкар и ее левого притока р. Мякан-джур, с запада отделяется от основного отрога седловиной Хиар-дара.

Северный склон горы круче южного в вершинной части, книзу выполаживается. Склоны выпуклые, изрезаны мелкими овражками. Северные склоны задернованы, южные большей частью обнажены, что объясняется большой разностью нагрева, вызываемой строго широтным простираанием склонов. На южном склоне быстрое таяние снега приводит к образованию водных потоков и, таким образом, к интенсивному сносу рыхлых материалов. Медленное таяние снега на северном склоне приводит к равномерной инфильтрации и накоплению наносов. Мощность наносов увели-

чивается к подножью склонов. Вдоль рек Охчи и Сагкар развиты речные террасы, занимающие довольно значительные площади и используемые населением для посевов.

Район безлесен. Встречается мелкая кустарниковая растительность. На северном склоне горы Пирдоудан произрастает карликовый дуб.

Основная водная артерия района р. Охчи является типичной горной рекой с быстрым течением воды, узким, сильно извилистым руслом и бурными паводками.

На территории месторождения в р. Охчи впадает справа река Сагкар, а слева — ряд небольших ручьев — Давачи, Шабадин, Каджаран, Охчи-дзор и др.

Питание р. Охчи снеговое, дождевое и родниковое. У истоков снег не тает в течение всего года. Паводок образуется во время таяния снега в горах и продолжается с мая по июль. Максимальный подъем воды в реке приходится обычно на июнь. Зимой сток воды формируется за счет грунтового питания. В период таяния снега в оврагах горы Пирдоудан текут временные ручьи, пересыхающие летом. Река Сагкар вытекает из озера Сагкар. Впадает в р. Охчи у сел. Охчи. Недалеко от своего впадения в р. Охчи в районе месторождения принимает слева приток — р. Мякан-джур.

Климатические условия района месторождения обуславливаются, в первую очередь, высокогорностью района. Так как с трех сторон район окружен горными хребтами и хребты вытянуты в широтном направлении, создается резкая разница температур на северных и южных склонах гор, что приводит к неравномерному распределению снегового покрова.

С мая по октябрь включительно среднемесячная температура держится выше  $10^{\circ}\text{C}$ . Наиболее жаркие месяцы июль и август (фиг. 7). В повышенных частях бассейна удлинен период снеготаяния, что вызывает понижение температуры в мае и июне.

С декабря по февраль включительно держится отрицательная среднемесячная температура. Наиболее холодный месяц обычно январь. Переход отрицательных температур в положительные обычно в марте или апреле, обратный переход растягивается с ноября по январь. Среднегодовая температура  $7-8^{\circ}\text{C}$ .

Величина годовой нормы осадков для района Каджаран равна 600 мм. Отклонение возможно до 300 мм в год. Наибольшее количество осадков выпадает в конце весны и начале лета, что в сочетании с снеготаянием в горах приводит к значительным паводкам на реках. Наименьшее количество осадков выпадает во второй половине лета — июле и августе и зимою в декабре и январе (фиг. 8). Ливни большой интенсивности редки, но бывают довольно значительные, до 100 мм в сутки.

Снеговой покров устойчиво устанавливается с ноября по январь, тает снег от марта до мая. Кратковременный снеговой покров возможен во все месяцы, кроме июля и августа. Высота снегового покрова достигает 50—60 см. На южных склонах снег тает в течение почти всей зимы, на северных склонах снег накапливается и долго сохраняется.

Преобладающее направление ветров широтное — с запада или с востока, вдоль долины р. Охчи. Район характеризуется значительной влажностью воздуха, что объясняется продолжительностью снеготаяния почти в течение всего года. В районе Каджарана снег тает весной и в теплые зимние дни. В более высокогорной части района снеготаяние происходит летом и даже в начале осени.

По характеру почвенного покрова район Каджарана, относящийся к области горных степей с вулканическим ландшафтом и к области горно-лесных, преимущественно складчатых средних возвышенностей, входит в зону сухих горных степей и зону лесных буроземов. Различаются бурые лесные скелетные почвы (буроземы) и каштановые каменистые эродированные почвы на коренных породах и пролюво-делювиальных выносах.

## 2. Краткий геологический очерк района и описание месторождения

В строении района главную роль играют третичные интрузивные породы гранитового состава, слагающие сложный Конгур-Алангезский (Зангезурский) плутон, образовавшийся в результате нескольких последовательных внедрений магмы, разделенных значительными промежутками времени. Помимо интрузивных пород в строении всего района принимают участие отложения палеозоя и эоцена и четвертичные образования.

Район самого Каджаранского месторождения сложен интрузивными и вулканогенными породами среднего эоцена. Вулканогенные породы представлены, в основном, порфиритами и подчиненными им туфами, туфобрекчиями и туффитами. Развиты в северной части района. Интрузивные породы представлены монцонитами с подчиненными им сиенито-диоритами, сиенитами, диоритами, кварцевыми монционитами, а также порфиroidными гранитоидами. Последние принадлежат к наиболее молодой фазе интрузивной деятельности Конгур-Алангезского плутона. Интрузивные породы прорывают вулканогенную толщу. В контакте интрузивных пород с вулканогенными породами образовались контактовые роговики (фиг. 1).

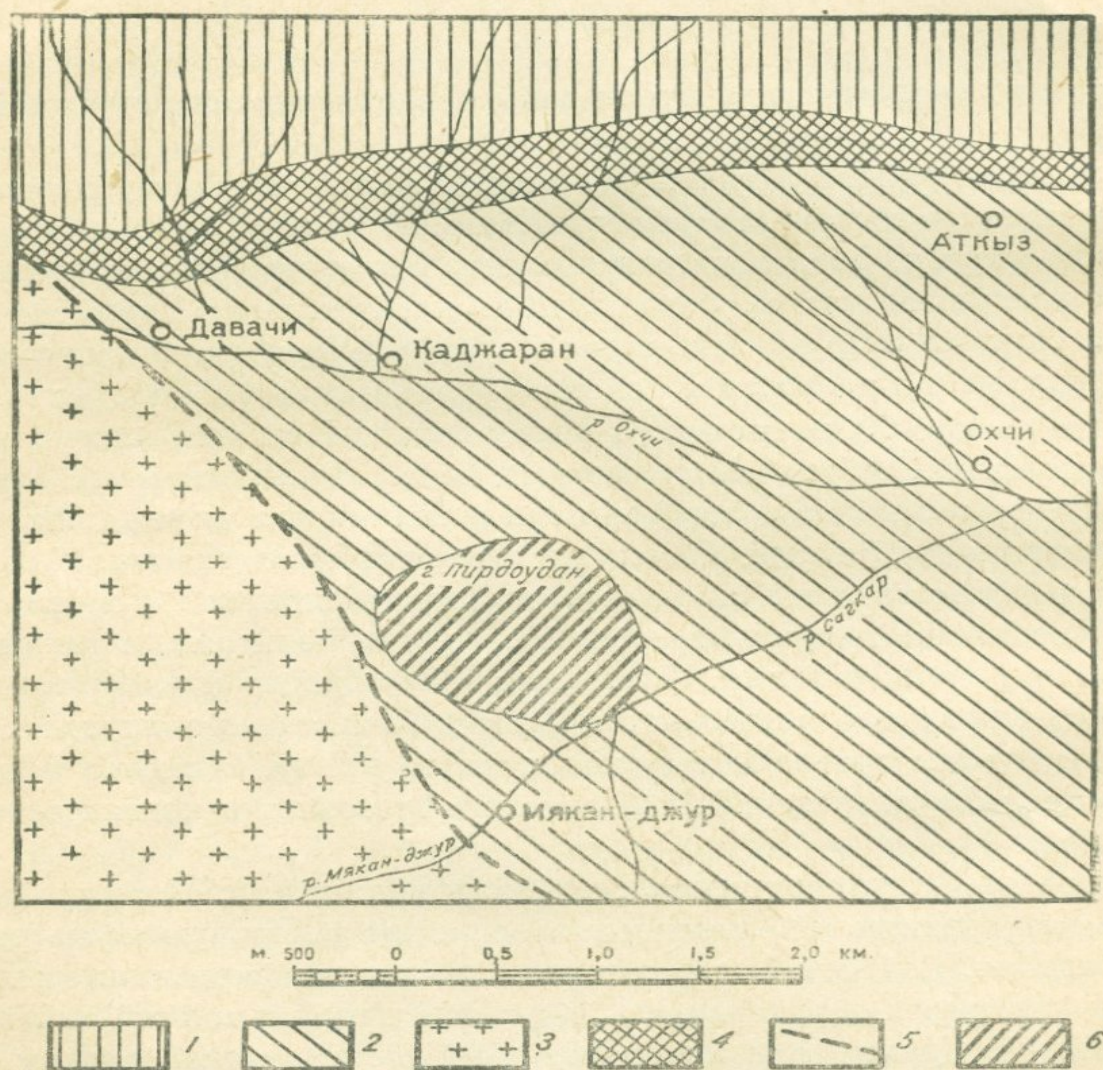
Рудное поле месторождения сложено монцонитами. Порфиroidные гранитоиды (граниты и гранодиориты) слагают восточную часть района месторождения. Контакт между монционитами и порфиroidными гранитами, являющимися образованиями двух фаз одной и той же интрузии, тектонический. Границей являются крупный Дебаклинский разлом, имеющий северо-западное (320—340°) простирание при падении на северо-восток под массив монционитов под углом 50—60°. Разлом имеет большое протяжение и является контролирующей структурной единицей для рудных месторождений всего района. Вдоль линии разлома породы сильно перемяты и раздроблены. Порфиroidные гранитоиды у контакта представлены почти исключительно гранитами.

В строении участков месторождения важную роль играют жильные породы обычно порфиroidной структуры. Среди них были выделены монцо-

нит-порфиры, гранит-порфиры, лампрофиры, роговообманково-биотитовые порфиры и др. Деление искусственное, так как зачастую состав жильного порфира меняется по простиранию одной и той же дайки. Встречаются и мелкие жилы аплитов и гранит-аплитов.

Значительная часть месторождения покрыта наносами. Последние представляют собою продукты разрушения интрузивных пород. На южном склоне горы небольшое развитие получают ледниковые отложения. Делювиальные отложения имеют значительное распространение в районе, покрывая на склонах интрузивные породы.

Схема геологического строения района Каджаранского месторождения (по С. А. Мовсисяну).



Фиг. 1. 1-порфириты; 2-монзониты; 3-порфировидные граниты; 4-контактные роговики; 5-линия регионального разлома; 6-центральный рудный участок.

На вершине горы делювий имеет небольшую мощность, не превышающую 1 м., и развит слабо. К подошве склонов мощность его увеличивается, достигая 10—20 мт. Особенно мощные скопления делювия наблюдаются на северных склонах, благодаря вышеописанной разнице процес-

сов выветривания на склонах разных экспозиций. Аллювиальные отложения образуют пойменную и три надпойменные террасы.

На месторождении интенсивно проявлены дизъюнктивные нарушения. Преобладающим направлением их являются, в основном, северо-западное и частично северо-восточное с крутыми углами падения. Происхождение их связывается с процессами складкообразования. Образование многочисленных на месторождении мелких трещин, вероятно, сопровождало образование этих крупных разломов. Послерудные нарушения широкого развития не имеют.

Основное медно-молибденовое оруденение связано с монцонитами. Монцониты испытали сильное гидротермальное изменение. Степень изменения пород самая различная на различных участках месторождения.

Оруденение выражено штокверково-вкрапленным и жильным типами. Штокверковый тип представлен мелкими рудоносными прожилочками, секущими породы во всевозможных направлениях. Среди прожилочков выделяются чисто сульфидные и кварцево-сульфидные.

Вкрапленный или порфиоровый тип представлен вкрапленниками рудных минералов, неравномерно рассеянными в монцонитах. Жильный тип оруденения на Каджаранском месторождении, в основном, имеет подчиненное значение, но на некоторых участках, наряду с штокверково-вкрапленными получает широкое развитие.

Из минералов первичного оруденения (гипогенного) широкое распространение имеют молибденит и халькопирит, являющиеся главными рудными минералами месторождения. Наряду с ними одним из самых распространенных на месторождении минералов является пирит. По данным Н. А. Акопян (1) на месторождении встречаются еще и нижеследующие минералы. Небольшое распространение получают галенит, сфалерит и магнетит. Аргентит и штернбергит образуют иногда вкрапленность в галените. Борнит встречается повсеместно, но в небольшом количестве. Распространен гематит, но он не образует значительных скоплений. Очень редко встречается энаргит. Под микроскопом в единичных шлифах определены висмутин, эмплектит, виттихенит и блеклая руда.

Зоны окисления и вторичного сульфидного обогащения на Каджаранском месторождении развиты слабо. Резко расчлененный рельеф с интенсивной эрозией, быстро сносящей продукты окисления, вкрапленный тип оруденения, характер циркуляции и химизма рудничных вод месторождения не благоприятствует образованию хорошо выраженной зоны окисления. По данным Н. А. Акопян (1) мощность окисленной зоны месторождения колеблется от 35 до 40 мт, иногда по трещинам процессы окисления распространяются вглубь до 200 мт. Нижняя граница зоны окисления, вскрытая рядом разведочных выработок, имеет извилистое очертание, причем в состав зоны окисления входят не только окисленные и полуокисленные руды, но и неокисленные. Они переходят друг в друга и между ними нет резко выраженных границ. Нацело окисленные руды — это зачастую окремненные, всегда сильно заохренные, сильно измененные монцониты. Характерны в них образования стильносидерита,

лампадита, малахита, азурита, медно-марганцевой смоляной руды и др. Повеллит и ферримолибдит (молибдаты кальция и железа) очень не характерны и редки для всех участков.

Полуокисленные руды это те же сильно гидротермально измененные заохренные монзониты, но в них сульфиды меди, молибдена и железа не полностью изменены.

По данным Н. А. Акопян (1) большую, наиболее существенную группу минералов зоны окисления образует группа лимонитов, представленная стильпно-сидеритом, гетитом, гидрогетитом, турьитом и гидрогематитом. Довольно широкое распространение имеют лампадит, медно-марганцевая смоляная руда, ярозит, малахит и в меньшей степени азурит. Незначительно спорадически присутствует самородная медь и в большей степени куприт. Сравнительно мало распространен гипс. В небольшом количестве встречаются галлуазит, хризоколла, брошантит, феррокупрохалькантит, фиброферрит. Молибдаты — повеллит и ферромоллибдит, как уже было сказано, имеют на месторождении небольшое распространение. Повеллит представлен исключительно в виде листоватых псевдоморфоз по молибдениту. Минералы вторичного сульфидного обогащения не имеют широкого распространения, встречаются халькозин, ковеллин и борнит.

### 3. Гидрогеологическая характеристика района месторождения

Гидрогеологические условия района Каджаранского месторождения, приуроченного к высокогорной области, определяется, с одной стороны, сильной расчлененностью рельефа, подавляющим развитием в геологическом строении района интрузивных пород и сравнительно незначительной мощностью наносов. Эти факторы приводят к ограниченному формированию подземных вод. С другой стороны, влажность климата и обилие осадков способствуют увеличению подземного потока. Гора Пирдоудан в рельефе района является обособленной орографической единицей и, таким образом, области питания, циркуляции и дренажа подземных вод ограничены и совпадают. Воды образуются, главным образом, путем непосредственного просачивания атмосферных осадков и в различной степени все связаны между собой. Поверхностные водотоки — ручьи и реки, являются также источником питания подземных вод. Выше базиса гидрографической сети обводненность пород незначительна.

Основным элементом дренажа подземных вод в настоящее время являются горные выработки-штольни и буровые скважины. У вершины горы Пирдоудан выходы подземных вод совершенно исчезают, так как штольни полностью дренируют подземные воды вершинной части горы. Ниже по склону зафиксированы выходы подземных вод в виде небольших родничков, выходящих из наносных образований. По характеру вмещающих отложений, характеру циркуляции и отчасти по химизму подземные воды района разбиваются нами на два основных типа: 1. Воды поверхностной циркуляции в наносных образованиях: а) воды делю-

виальных отложений склонов и б) аллювиальные воды; 2. Воды глубокой циркуляции — трещинные воды интрузивных пород (монцитонитов и порфиroidных гранитов).

Делювиальные отложения получают развитие на склонах горы Пирдоудан, плащом покрывая интрузивные породы месторождения. Делювий представлен суглинками, супесями с неравномерным распределением крупнообломочного материала, увеличивающегося книзу на границе с элювием изверженных пород. Последний представлен щебенистым материалом. Делювиальные воды одновременно насыщают и элювиальные образования. Залегает делювий на крутых склонах, мощность его увеличивается к подножью склонов. Крутизна залегания и литологический состав делювиальных отложений не способствует широкому формированию подземных вод.

Делювиальные отложения содержат в себе подземную воду, которая распределяется, по-видимому, в виде отдельных небольших потоков или линз, так как выходы этих вод на дневную поверхность имеют групповое расположение. Дебит источников незначителен и непостоянен. В сухое время года число их значительно уменьшается. Выходы многих из них сопровождаются заболоченностью склонов. Как образование делювиальных отложений, так и насыщение их грунтовой водой неодинаково для северного и южного склонов горы Пирдоудан. На северном склоне мощность делювия больше, образование подземных вод происходит в больших масштабах, так как здесь, как уже было сказано, снеговой покров держится дольше и таяние его происходит медленнее, чем на южном склоне. Родники имеют средний дебит от 0,02 до 0,3 л/сек

Аллювиальные воды приурочены к пойме и террасам р. Охчи. Последние сложены, в основном, валунно-галечным материалом и в незначительной степени песчано-гравелистым и глинистым песком. Аллювиальные воды залегают на очень небольшой глубине, пополняются инфильтрацией атмосферных осадков и просачиванием речной воды. Роднички этого типа имеют сравнительно больший дебит, но характеризуются непостоянством своего выхода.

Вдоль течения р. Охчи в районе месторождения зафиксировано несколько выходов аллювиальных вод. Дебит источников различный — от 0,04—0,05 л/сек. до 0,2—0,9 л/сек. Зачастую они меняют место своего выхода, пересыхая в одном месте, выходят по близости в другом. В долине реки Сагкар зарегистрирована группа выходов аллювиальных вод с незначительным дебитом.

Температура воды во всех выходах из наносных образований колеблется от 5 до 20°C и находится в зависимости от изменения температуры воздуха. По 21 источнику, опробованному в 1950 году, установлено, что температура воды родников находится в зависимости от их дебита.

Общая обводненность интрузивных пород незначительна. Циркуляция вод в них ограничена трещиноватостью. Выходы трещинных вод подсечены горными выработками-штольнями и буровыми скважинами и являются собственно рудничными водами месторождения. Трещинова-

тость обусловлена тектоническими процессами и процессами выветривания. Последние распространяются на небольшую глубину от поверхности. Поступление воды по мелким трещинам в результате просачивания атмосферной влаги происходит в виде различной интенсивности капежа, приуроченного к локализованной площади на отдельных участках кровли и стенок выработок. Концентрированные выходы наблюдаются редко и приурочены к вскрываемым выработками тектоническим зонам или тектоническим нарушениям.

Водосодержащими трещинами являются не основные тектонические трещины, а сопутствующие им в зоне разлома более мелкие нарушения. Водоносными в той или иной степени являются также призальбандовые части даек.

Интенсивность капежа заметно колеблется в зависимости от атмосферных осадков, поступающих с поверхности месторождения. Вода, поступающая по тектоническим трещинам, имеет более постоянный дебит, хотя источником питания ее, по всей вероятности, являются те же атмос-

Т а б л и ц а 1

Зависимость между температурой и дебитом родников Каджаранского месторождения

Интервалы температур	Средний дебит источников в литрах/сек.	Число случаев
5°—10°	0,3	8
10°—15°	0,2	9
15°—20°	0,09	3
<20°	0,02	1

ферные воды или воды поверхностных водотоков, протекающие вглубь через зоны дробления.

Водоносность не увязывается ни с определенным направлением падения трещин, ни с определенными углами падения. Определенной связи водоносности со степенью изменения монцонитов не установлено. Замечено, как правило, что окисленные породы крепкие, окварцованные, повсеместно сухие; сильный капеж связан только с сильно измененными монцонитами.

Обратной зависимости нет. В сильно измененных монцонитах наблюдается и слабый капеж, а в ряде мест они совсем сухие.

По мере развития горных работ на глубину и ввода в разработку более глубоко расположенных горизонтов, выходы воды перемещаются, в основном, на более низкие горизонты. В некоторых буровых скважинах, устья которых лежат на более низких, чем штольни, абсолютных отметках, при пересечении тектонических линий появились напорные трещинные самоизливающиеся воды. Ярким примером может служить буровая № 124, фонтанировавшая водой с дебитом 4,05 л/сек или 350.000 литров в сутки. Температура воды 15,8°C. Фонтанирование прекратилось в январе 1951 г. Источником питания этого фонтана мог служить большой водосток, которым в равной мере может быть р. Охчи, р. Сагкар или Мякан-джур, но скорее всего вода поступала из ручья Хиар-дара, проте-

кающего по участку сильно раздробленных пород, сопровождающих Дебаклинский разлом.

Факт появления такого сильного притока напорной воды в нижней части месторождения говорит о возможности нежелательной встречи при разработке нижних горизонтов с мощными потоками подземных вод, которые могут привести к возможным осложнениям в эксплуатации рудника. В период наших работ часть месторождения, вскрытая горными работами, была в общем обводнена слабо. Существующее водоотливное хозяйство полностью справлялось с водами, поступающими в горные выработки, благодаря чему они не служили препятствием для проводимых горных работ.

К трещинным водам интрузивных пород относятся и минеральные источники района. Источник Охчи выходит в 1,2 км от месторождения в долине р. Охчи, в массиве порфировидных гранитов и приурочен к Дебаклинскому разлому. Дебит источника  $\sim 0,04$  л/сек, температура  $8^{\circ}\text{C}$  при температуре воздуха  $15^{\circ}\text{C}$ . Минеральные источники Сагкар № 1 и № 2 выходят в долине р. Сагкар, на участке месторождения, носящем название участка Мякан-джур, из измененных окисленных монцонитов. Дебит обоих выходов порядка  $0,1-0,2$  л/сек. Источники восходящие, сильно газированные, образуют вокруг своих выходов охристый налет. Эти выходы также, как и минеральный источник Охчи, сопровождают Дебаклинский разлом.

#### 4. Химизм вод

Воды, циркулирующие в районе Канжаранского месторождения, по химическому составу очень близки между собой и относятся к гидрокарбонатно-кальциевым водам небольшой минерализации (фиг. 15 а, б, в). Рудничные воды составляют одну группу с водами наносных образований и поверхностных водотоков. Идентичность состава этих вод, сравнительно повышенное содержание кальция и незначительная минерализация говорит о взаимной связи и о поверхностном питании рудничных вод.

Общая минерализация *грунтѳвых и поверхностных* вод небольшая, от 75 до 410 мг/литр сухого остатка. Наименее минерализованы речные воды, воды ручьев горы Пирдоудан, делювия южного склона горы Пирдоудан и делювия массива порфировидных гранитов.

В составе катионов преобладающим компонентом является кальций (от 14 до 96 мг/литр). Содержание натрия во всех водах очень незначительно, от 0,7 до 18 мг/л. Магния содержится от 3 до 26 мг/литр. Железа содержится во всех водах от 0,1 до 2,0 мг/литр. Исключение составляют воды массива порфировидных гранитов, где содержание железа достигает 5—8 мг/литр. В составе анионов преобладающим компонентом является ион  $\text{HCO}_3$ . Его содержание колеблется в широких пределах от 36 до 293 мг/литр. Содержание иона хлора незначительно (8—26 мг/л) и постоянно во всех пробах. Содержание сульфатов невелико. Однако, несмотря на их малое содержание, здесь можно уловить некоторую законо-

мерность. Наименьшее содержание сульфат-иона приходится на пробы речной воды и ручьев горы Пирдоудан (9—16 мг/литр), делювия южного склона г. Пирдоудан и делювия массива порфировидных гранитов (5—9 мг/литр). В водах аллювиальных отложений и в водах делювия склонов г. Пирдоудан, покрывающего месторождение, содержание иона  $SO''_4$  увеличивается (9—80 мг/литр). Наибольшего содержания иона  $SO''_4$  (22—107 мг/литр) достигает в водах делювия, покрывающего монзониты левого берега р. Охчи, а также в водах ручьев этого берега (41—95 мг/литр).

Таким образом, по своему химическому составу подземные воды, циркулирующие в наносных образованиях, совершенно одинаковы между собой и однотипны с водами поверхностных водотоков (фиг. 15 а, б). Бросается в глаза увеличение содержания железа и резкое уменьшение содержания сульфатов в водах делювия массива порфировидных гранитов и увеличение содержания сульфат-иона в водах, циркулирующих в делювиальных образованиях, покрывающих монзониты левого берега р. Охчи.

Наиболее интересным моментом является полное отсутствие в проанализированных пробах меди и присутствие молибдена.

Молибден присутствует в водах, циркулирующих в делювии, покрывающем месторождение (г. Пирдоудан) в количестве 0,16—0,64 мг/литр и по данным спектрального анализа в сотых и тысячных долях %. Полностью отсутствует в водах, циркулирующих в делювии массива порфировидных гранитов (за Дебаклинским разломом) и на участке Мяканджур. Наибольшее для района количество молибдена обнаружено в водах, циркулирующих в делювии, покрывающем монзониты левого берега р. Охчи в районе сел. Каджаран. Здесь содержание молибдена в водах достигает 1,2 мг/литр и, по данным спектрального анализа, десятых и сотых долей %. В речных водах и ручьях горы Пирдоудан молибден отсутствует, в ручьях левого берега р. Охчи присутствует в количестве 0,022—0,44 мг/литр, по данным спектрального анализа в сотых и тысячных долях %. Повышенное содержание молибдена в водах связано с рудоносностью подстилающих образований и совпадает с повышенным содержанием в водах сульфатов, что является вполне закономерным, так как и тот и другой элемент попадают в воды в результате процесса окисления сульфидов.

Минерализация *рудничных вод* колеблется от 170 до 500 мг/литр сухого остатка, превышая минерализацию вод наносных образований, что является вполне закономерным. В результате более глубокой и длительной циркуляции этих вод в породах они сильнее минерализуются. Воды, поступающие из капеза, несколько более минерализованы (225—396 мг/литр), чем воды сильных притоков (170—289 мг/литр), в результате более медленного движения первых. Сборные пробы еще более минерализованы (210—500 мг/литр). Резкие колебания в содержании отдельных элементов в сборных пробах объясняются их смешанным составом.

Содержание натрия в рудничных водах колеблется в тех же пределах, что и в водах наносных образований, превышая содержание его в последних на незначительную величину.

Содержание кальция, магния и хлора почти такое же. Заметно увеличивается содержание сульфат-иона до 94 мг/литр. Процессы окисления сульфидов месторождения кислородом воздуха и воды ведут к образованию сульфатов.

Иона  $\text{HCO}_3$  содержится несколько больше, чем в водах поверхностной циркуляции. Кремнекислоты содержится от 8 до 35 мг/литр. Железа в окисной форме содержится в водах от 0 до 9 мг/литр, железа в закисной форме содержится в этих же водах от 0,3 до 37 мг/литр (в одной пробе 64 мг/литр). Взаимоотношением этих форм железа можно охарактеризовать степень окисления или окисленность той или иной воды. Ряд исследователей (Хитаров, Муликовская (39) считают форму содержания железа в водах главным признаком, определяющим их физико-химическую характеристику и характер циркуляции и, согласно этому, подразделяют рудничные воды сульфидных месторождений на две группы вод: 1) типично рудничные воды, движущиеся по выработанным участкам рудного поля. В этих водах ввиду их свободного общения с кислородом воздуха, окисное железо преобладает над закисным; 2) воды, пропитывающие нескрытые участки оруденелой зоны. Они характеризуются преобладанием закисного железа над окисным.

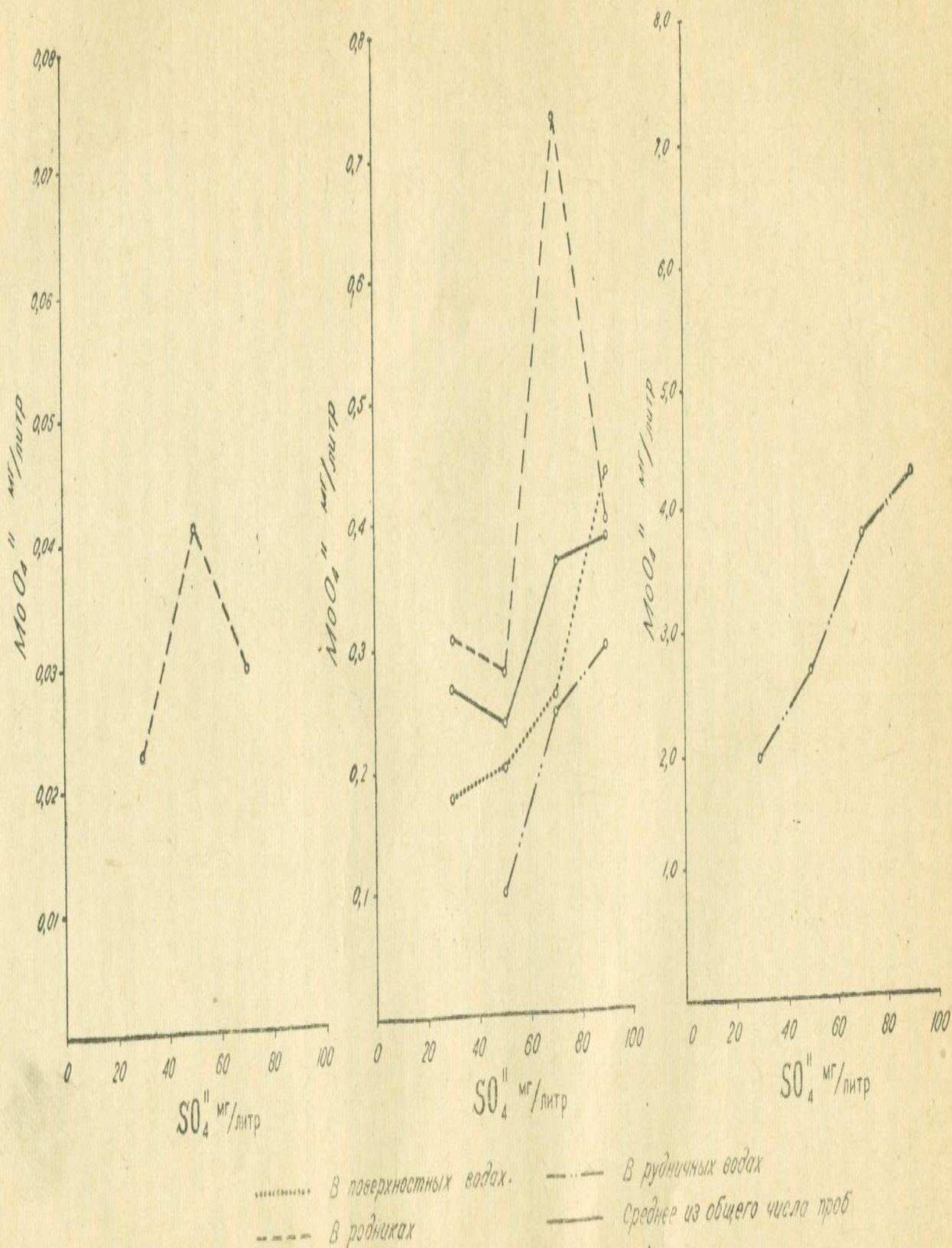
Почти во всех проанализированных нами пробах рудничной воды, за редким исключением закисное железо преобладает над окисным железом. Здесь играют роль и высокие значения рН воды (7,0—7,8). Опыты Н. И. Хитарова (39) доказывают, что окисное железо выпадает из растворов полностью при рН = 3—4, тогда как закисное железо продолжает существовать в растворе и при больших значениях рН.

Величина рН природных растворов является главным физико-химическим фактором, определяющим концентрацию и поведение в водах различных металлов. Рудничные воды Каджаранского месторождения причисляются к группе нейтральных, слабощелочных вод (рН = 7,8—7,0, поэтому содержание в них отдельных металлов очень незначительно.

Медь отсутствует во всех пробах. Молибден присутствует во всех пробах в количестве от 0,1 мг/литр до 8 мг/литр, увеличивается в сборных пробах вниз по горизонтам. Спектральным анализом сухого остатка 10 проб в некоторых из них в сотых и тысячных долях процентов обнаружены никель, титан, серебро, медь и стронций. Наибольший интерес представляет присутствие стронция.

Таким образом, 1. воды Каджаранского месторождения по химическому составу однотипны, что говорит об их взаимной связи и о поверхностном питании трещинных вод; 2. воды минерализованы слабо в результате непродолжительной циркуляции, вызванной расчлененностью рельефа; 3. молибден и сульфаты присутствуют в водах в прямой зависимости друг от друга, причем зависимость эта самостоятельная для разного порядка величин содержания молибдена (сотые, десятые и целые

График связи содержания молибдена с сульфатами в водах Каджаранского месторождения



Фиг. 2,

мг/литр) и становится более четкой с увеличением порядка величин содержания молибдена. Для каждого порядка величин построены самостоятельные кривые (фиг. 2); 4. зависимости между содержанием в водах молибдена с содержанием кремнекислоты не установлено; 5. рудничные воды месторождения нейтральные, слабощелочные (рН 7,8—7,0). Однако молибден присутствует в них до целых мг/литр, что говорит о значительной миграционной способности молибдена; 6. увеличение температуры вод не влияет на их минерализацию, но содержание в них сульфатов и молибдена увеличивается с увеличением температуры; 7. воды, связанные с рудными телами, отличаются присутствием в их составе молибдена и повышенным содержанием сульфатов; 8. воды, не связанные с рудными телами, отличаются отсутствием в своем составе молибдена, пониженным содержанием сульфатов и повышенным по сравнению с другими водами района содержанием железа; 9. общая минерализация вод до некоторой степени зависит от содержания в водах сульфатов и кальция. Зависимость прямая, но очень незначительная. На Аتكызском участке месторождения, воды которого резко выделяются по повышенной минерализации (6,610 мг/л и 703 мг/л) содержание сульфатов доходит до 49% общего состава воды или 98% состава анионов. Видимо, имеющая место прямая зависимость минерализации вод от сульфатов лучше уловима при большой минерализации.

Минеральный источник Охчи по химическому составу гидрокарбонатно-хлоридный, кальциево-магниевый, небольшой минерализации (286 мг/литр) с небольшим содержанием свободной углекислоты. Минеральные источники Сагкар № 1 и №2 гидрокарбонатно-натриевые, средней минерализации (3,570 мг/литр сухого остатка). В минеральной воде ион  $\text{MoO}_4$  отсутствует.

## II. ДАСТАКЕРТСКОЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Гидрогеологические условия Дастакертского месторождения были изучены нами в 1951 году. Были исследованы рудничные воды и проведена гидрохимическая съемка в районе месторождения и на прилегающей к нему площади. Здесь впервые была проведена опытная почвенная съемка методом водных вытяжек (10).

### 1. Общие физико-географические условия района месторождения

Дастакертское медно-молибденовое месторождение находится в юго-восточной части Армянской ССР, в Сисианском районе. Расположено на северном склоне Баргушатского хребта в верховьях реки Кызкошты. Баргушатский хребет является юго-восточным, почти широтным отрогом Зангезурского (Конгур-Алангезского) хребта и водоразделом между бассейнами рек Охчи и Воротан. Вершины хребта достигают абсолютных высот, превышающих 3000 м. Район месторождения представляет собой типичную горную область с резко расчлененным рельефом. Центральный участок месторождения приурочен к глубокому ущелью р. Кызкошты, склоны которого изрезаны мелкими оврагами. Рельеф района типичный для молодых горных стран. Эрозионные процессы интенсивно продолжаются и в настоящее время.

Река Кызкошты является правым притоком р. Айри-гет, являющейся, в свою очередь, правым притоком р. Сисиан, впадающей в р. Воротан. Она стекает с северного склона Баргушатского хребта и разделяет месторождение на две части. В пределах месторождения проходит в меридиональном направлении с юга на север. Представляет собою небольшую типичную горную речку с узким руслом, быстрым течением и бурным паводком. Питание реки снеговое, дождевое и родниковое. Паводок образуется во время таяния снега в горах. В период таяния снега в оврагах текут временные водотоки. Постоянными притоками р. Кызкошты в районе месторождения являются ручьи Ял-юрт, Кош-юрт и Чиман-юрт, впадающие с запада и крупный ручей Мегрили, впадающий с востока.

Климатически район, по И. В. Фигуровскому, входит в лесную зону Малого Кавказа, которая характеризуется умеренно-холодным климатом. Зима продолжительная до 6—7 месяцев, с мощным снеговым покровом.

В зимние месяцы температура воздуха достигает — 20—30°C. В районе месторождения самыми холодными месяцами являются декабрь, январь и февраль (фиг. 7). Лето короткое и прохладное, максимальная температура на солнце 30°C. Величина годовой нормы осадков около 600—700 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в конце весны и начале лета (фиг. 8).

Район характеризуется значительной влажностью, что объясняется обилием осадков и продолжительностью снеготаяния. Снег держится на водоразделах свыше 6 месяцев, в предгорьях около 3 месяцев. В водораздельной части иногда в течение всего лета остаются отдельные не растаявшие снежники.

Благодаря обилию атмосферных осадков и влаги склоны гор в районе месторождения покрыты хорошими альпийскими лугами. В районе центрального участка месторождения западный склон оврага Кызкошты покрыт кое-где мелким низкорослым кустарником. На восточном склоне кустарник отсутствует. Здесь наносы достигают значительной мощности.

По характеру почвенного покрова район Дастакерта, относящийся к области высокогорных хребтов и к области горных степей с вулканическим ландшафтом, входит в альпийскую зону, субальпийскую зону и зону умеренно влажных горных степей. Различаются горно-дерново-луговые светло-коричневые (рыжеватые) почвы альпийских ковров, горно-луговые коричневые почвы на вулканических породах и делювиальных выносах и малогумусовые черноземы на вулканических и осадочных породах и делювиальных выносах.

## 2. Краткий геологический очерк района и описание месторождения

Район Дастакертского месторождения сложен эффузивными породами (порфиритами и роговиками), относимыми К. Н. Паффенгольцем к эоцену и прорывающими их интрузиями миоценового возраста (фиг. 3).

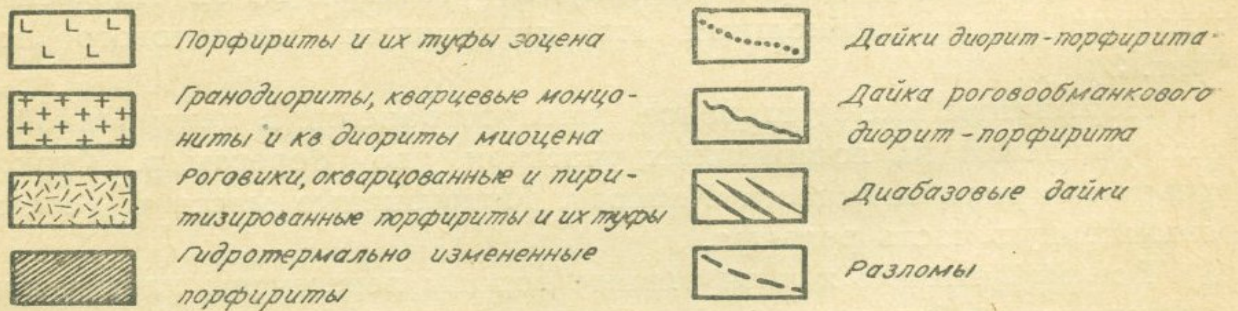
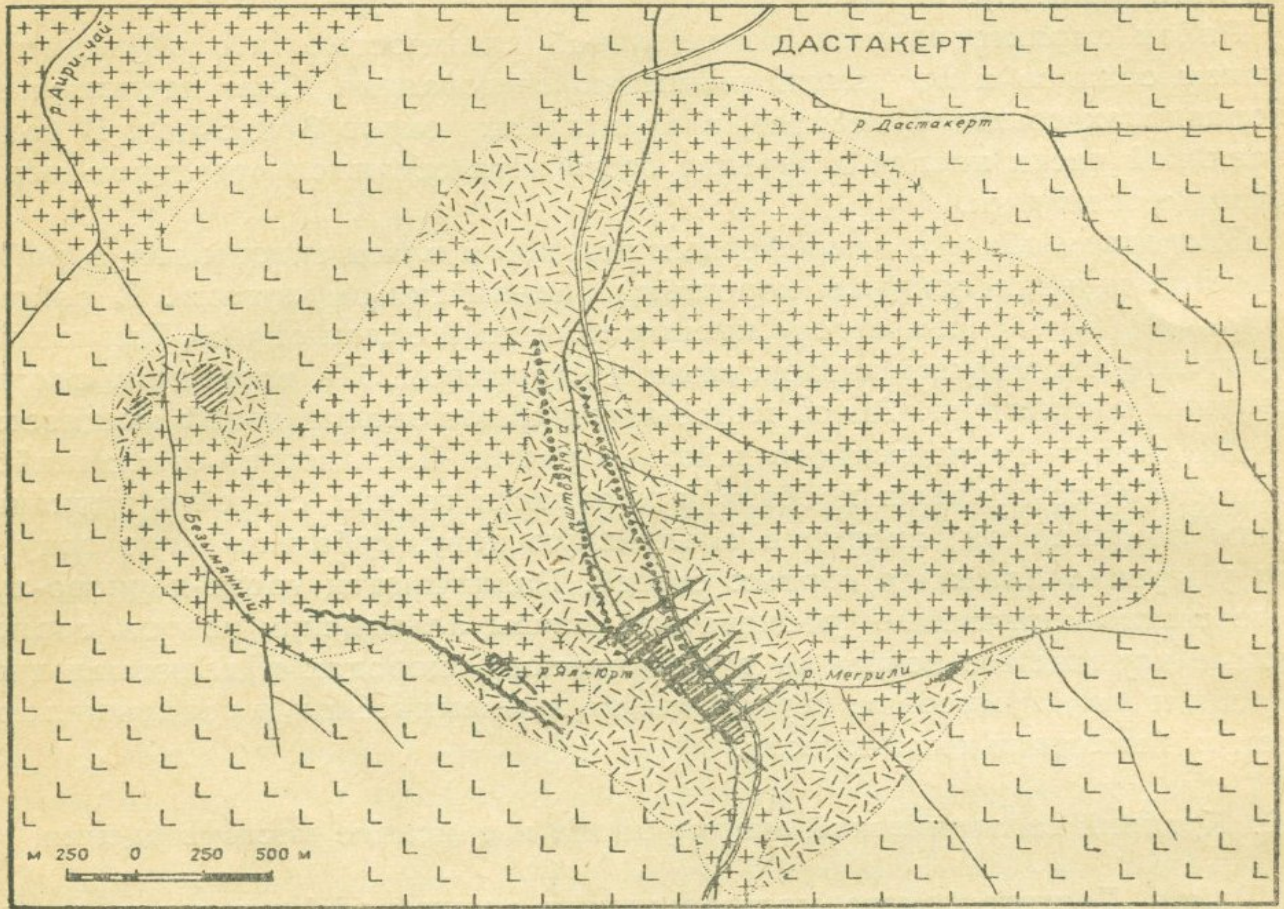
Порфириты имеют широкое распространение в центральной части месторождения на пониженных участках, по берегам р. Кызкошты и ручьев Мегрили и отчасти Кошюрт. Интрузивные массивы составляют возвышенную часть рельефа.

Все эффузивные и интрузивные породы пересечены дайками диорит-порфира и диабазового порфирита северо-западного и широтного простирания. Восточная часть месторождения по правому берегу р. Кызкошты перекрыта четвертичными аллюво-делювиальными отложениями мощностью до 80 м.

Порфириты представлены, главным образом, плагиоклазовыми порфиритами. Среди них отдельными участками встречаются пироксено-роговообманковые порфириты. Контактным воздействием интрузий и гидротермальными процессами порфириты на значительных участках превращены в ороговикоподобные разновидности и роговики. Переходы между порфиритами и роговиками постепенные.

# ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДАСТАКЕРТСКОЙ ГРУППЫ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

по Н. Г. Магакьяну



Фиг. 3.

Интрузивные породы представлены гранодиоритами с переходными разностями. М. П. Исаенко выделяет роговообманковые гранодиориты, биотитовые гранодиориты, биотито-роговообманковые гранодиориты и кварцевые диориты.

В районе месторождения встречаются как свежие, так и измененные гранодиориты. Гидротермально измененные гранодиориты слагают краевые части гранодиоритового массива, между ними и неизменными гранодиоритами существуют постепенные переходы. Рудовмещающими по-

родами являются как интрузивные породы, так и порфириды эоценовой вулканогенной толщи. Оруденение приурочено к порфиридам кровли интрузии и эндоконтактной зоне гранодиоритовой интрузии.

Оруденение имеется как в висячем, так и в лежащем боку центрального разлома. Внедрение интрузии сопровождалось тектоническими нарушениями. Развитие трещин, зоны смятия и дробления приурочены, главным образом, к контакту гранодиоритов с порфиридами. После внедрения интрузии возник крупный центральный разлом и связанные с ним системы нарушений. Центральный разлом явился главным рудовмещающим каналом; разлом протягивается в направлении  $315-330^\circ$  вдоль русла р. Кызкошты, сопровождается сильной раздробленностью и минерализацией пород.

Таким образом, Дастакертское месторождение приурочено к нарушенным зонам измененных пород, образовавшихся на пересечении Дастакерт-Мурхузского регионального разлома и Кызкоштинского СЗ простирания. Оруденение приурочено к сопровождающим эти разломы мелким нарушениям.

Наиболее благоприятными для локализации оруденения явились участки нарушений, брекчированные зоны и трещины СЗ простирания.

Наименее благоприятными для рудоотложения были слабо трещиноватые массивные породы. Оруденение носит неравномерно рассеянный характер.

Первичное оруденение представлено пиритом, халькопиритом и молибденитом в виде вкрапленности, примазок, кварцево-сульфидных прожилков, а также сплошного сульфидного цемента в брекчированных рудах. Второстепенное значение имеют сфалерит, редко встречаются медно-висмутовые минералы, блеклая руда, арсенопирит, аргентит и самородное золото.

Из вторичных минералов встречены борнит, халькозин, ковеллин. Из окисленных минералов встречены азурит, малахит, очень редко гематит, гидрогетит, ярозит, хризоколла, ферримолибдит, совершенно отсутствует повеллит. Нерудные минералы: кварц, хлорит, эпидот, серицит, альбит, карбонат, кальцит, каолинит и др.

Определенно выраженная зона окисления на месторождении отсутствует, так как процессы эрозии опережают процессы окисления. На наиболее богатом участке месторождения после производства вскрышных работ обнаружено, что непосредственно под аллюво-делювиальными отложениями вскрываются сульфидные руды с молибденитом, почти совершенно не затронутым процессом окисления.

### 3. Гидрогеологическая характеристика района месторождения

Район Дастакертского месторождения приурочен к высокогорной области с сильно расчлененным рельефом. Сложен интрузивными и эффузивными породами, обладающими только трещинным типом водопр-

ницаемости. Главным источником питания подземных вод являются атмосферные осадки и конденсационные воды.

Условия высокогорного климата с повышенным количеством осадков и значительной влажностью воздуха, обусловленной удлиненным периодом снеготаяния, а также благоприятные условия для конденсации водяных паров на водораздельных участках (резкие колебания температуры и частые густые туманы) способствуют увеличению подземного стока. Однако расчлененность рельефа, создающая обособленные орографические единицы, делает невозможным образование сколько-нибудь значительных водоносных горизонтов. Выделяются только отдельные обводненные участки со своим гидрогеологическим режимом. Площади питания, циркуляции и дренажа небольшие и обычно совпадают.

Как уже было сказано, в районе господствуют породы, водопроницаемые только по трещинам, что также ограничивает образование водоносных горизонтов и сокращает подземный сток. Таким образом в районе Дастакертского месторождения поверхностный сток преобладает над стоком подземным. Важную роль в образовании подземного стока играют покровные аллюво-делювиальные отложения. Большое распространение получают они на центральном участке месторождения по правому берегу р. Кызкошты, где достигают мощности 80 мт. Эти породы являются первичным приемником атмосферных осадков и обладают условиями, более благоприятными для образования подземных потоков и поэтому более водообильны. Выходы воды прослеживаются в виде отдельных родников или просачиваний, наблюдаются обычно в пониженных частях рельефа, в ущельях рек и оврагов или в местах перегиба рельефа.

В периоды максимального обводнения (в периоды снеготаяния) аллюво-делювиальные отложения предельно насыщаются влагой, что приводило несколько раз к подвижкам земельных масс и значительным оползням.

Основным элементом дренажа подземных вод в районе месторождения в настоящее время являются горные выработки-штольни и буровые скважины.

По характеру вмещающих отложений и по характеру циркуляции подземные воды района разбиваются нами на два основных типа вод: 1) воды поверхностной циркуляции в наносных образованиях и 2) воды глубокой циркуляции — трещинные воды интрузивных и эффузивных пород (гранодиоритов и порфиритов). В различной степени оба типа вод связаны между собою и с водами поверхностных водотоков, что получает свое отражение в сходстве их химического состава.

Протекающая вдоль месторождения река Кызкошты многоводна весной и осенью и мелеет к середине лета. Месторождение пересекается ее глубоким ущельем. В р. Кызкошты впадает значительная сеть мелких речек и ручьев. Наиболее значительными из них является правый приток р. Кызкошты—р. Мегрили, ручей Кош-юрт, ручей Ял-юрт и др. Ручьи образуют овраги, по берегам которых зарегистрированы выходы

подземных источников. В период максимального обводнения наблюдаются по сухим оврагам временные водотоки.

По левому берегу р. Кызкошты вдоль ручьев и сухих оврагов сосредотачиваются выходы воды в виде небольших родничков. По правому берегу р. Кызкошты источники сосредотачиваются у самого берега реки и на плато, покрытом мощными делювиальными наносами. На Мегрилинском участке родники также приурочены к берегам р. Мегрили и впадающих в нее небольших притоков.

Роднички, выходящие в аллюво-делювиальных отложениях, почти однотипны. Дебит от незначительного просачивания доходит до 0,3—0,4 л/сек, в большинстве случаев—0,05—0,07 л/сек, причем родники, выходящие на плато, расположенном по правому берегу р. Кызкошты и покрытом мощными наносами, а также родники Мегрилинского участка, где развиты наносные образования, высокодебитнее родников левого, более обнаженного берега р. Кызкошты.

Температура воды в родниках колеблется от 5°C до 12°C (за исключением двух родников в верховьях р. Мегрили с температурой 3,5°C и 4°C), в большинстве случаев от 6°C до 9°C.

Источники распределены неравномерно, что свидетельствует о неодинаковой водоносности аллюво-делювиальных отложений на разных участках.

Воды глубокой циркуляции — трещинные воды — являются так называемыми рудничными водами месторождения, так как вскрываются горными выработками-штольнями и буровыми скважинами. Характер водопритока в штольни находится в зависимости от атмосферных осадков. Водоприток неравномерен, в штольнях наблюдаются отдельные обводненные и совершенно сухие участки. Поступление воды связано с трещиноватостью пород.

Поступление воды по мелким трещинам происходит в виде капеза, зачастую сильного, с кровли и стенок выработок. Капези сосредоточены на отдельных водоносных участках. Наблюдаются отдельные притоки, приуроченные, в основном, к узлам тектонических трещин.

Контакты пород в большинстве случаев водоносны. Свежие, неороговикованные порфириты водоносны. На некоторых горизонтах, особенно на верхних, наблюдаются восходящие источники—небольшие притоки воды из подошвы выработки. Наблюдаются отдельные лимонитизированные влажные трещины.

Верхние горизонты штолен дренируются нижними. Обводненность выработок на месторождении увеличивается сверху вниз. Штольни нижних горизонтов обводнены больше чем штольни верхних горизонтов. Контакт порфиритов (и их измененных разновидностей-роговиков) с гранодиоритами водоносен в нижней части месторождения, на верхних горизонтах сухой. На нижнем горизонте водоносны дайки и крупные трещины.

В районе месторождения зарегистрирован выход минеральной воды, связанный, вероятно, с Кызкоштинским тектоническим нарушением. Минеральный источник выходит в пойме р. Кызкошты на ее левом бере-

гу. Имеет два выхода. Верхний выход находится на высоте 3 м. над рекой и в нескольких метрах от реки выходит в наносах из-под сильно заохренных и измененных порфиристов. Нижний выход образует охристые отложения, более обильные. Здесь также периодически отделяется углекислый газ. Дебит нижнего выхода в 2 раза больше, чем верхнего, температура 11,5°C.

В русле р. Кызкошты наблюдаются еще два небольших просачивания минеральной воды, отлагающей охру. Минеральный источник зарегистрирован и в русле нижнего течения р. Кызкошты, в сел. Дастакерт,  $T=10^{\circ}\text{C}$ , дебит небольшой. В одной из штолен из скважины подземного бурения бьет минеральная вода, обильно отлагающая охру. Температура воды 15,5°C, дебит 0,2 л/сек. Из воды выделяются пузырьки углекислого газа. Вероятно, выход воды связан с тектонической трещиной, встреченной скважиной на глубине.

#### 4. Химизм вод

Все подземные воды района небольшой минерализации и по химическому составу очень сходны между собой и с водами поверхностными, что говорит о существовании взаимной связи. (фиг. 15 а, б, в).

Общая минерализация *поверхностных вод* небольшая, колеблется от 160 до 410 мг/литр сухого остатка. Наименее минерализованы ручьи верховьев Кызкошты, наиболее минерализованы ручьи на Мегрилинском участке. По химическому составу воды, в основном, гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые. Повышенное содержание сульфатов в поверхностных и грунтовых водах, наблюдаемое на Дастакертском месторождении, особенно в районе Мегрилинского участка, является фактором весьма интересным.

В составе катионов преобладающим компонентом является кальций (от 35 до 89 мг/литр). Содержание натрия во всех водах незначительно, от 0,7 до 19 мг/литр, магния содержится от 10 до 30 мг/литр. Исключение составляют воды ручьев Мегрилинского участка, где натрия содержится от 21 до 26 мг/литр, и воды ручьев левого берега р. Кызкошты, где магния содержится от 3 до 4 мг/литр. Железа содержится во всех водах от 0,8 до 11 мг/литр. Наименьшее содержание железа установлено в водах ручьев Мегрилинского участка.

В составе анионов преобладающим компонентом является ион  $\text{HCO}_3$  (от 73 до 317 мг/литр) и ион  $\text{SO}_4$  (от 30 до 212 мг/литр). Иона  $\text{HCO}_3$  меньше всего содержится в водах ручьев левого берега Кызкошты (73—97 мг/литр), почти равновеликое содержанию в них сульфатов (78—88 мг/литр), почему эти воды являются гидрокарбонатно-сульфатными.

Иона  $\text{HCO}_3$  содержится мало и в водах Мегрилинского участка (73—122 мг/литр). В них содержание сульфатов (90—212 мг/литр) превышает содержание иона  $\text{HCO}_3$ .

Таким образом, эти воды являются больше сульфатными, чем гид-

рокарбонатными, что является для поверхностных вод весьма интересным фактом. Хлора содержится во всех водах очень незначительное количество от 7 до 15 мг/литр, в большинстве случаев 7—8 мг/литр.

Молибден присутствует почти во всех водах, протекающих в районе месторождения, но в незначительном количестве, до 0,007—0,008 мг/л. Исключение составляют воды Мегрилинского участка, где содержание молибдена достигает 0,5 мг/литр.

Таким образом, среди поверхностных вод района резко выделяются воды Мегрилинского участка сравнительно большей минерализации, сульфатно-гидрокарбонатные, кальциево-натриевые с повышенным содержанием молибдена и пониженным содержанием железа. Как обилие в водах сульфатов, так и повышенное содержание в них молибдена говорит за рудоносность Мегрилинского участка.

Подземные *грунтовые воды* района по химическому составу идентичны поверхностным, что подтверждает существование взаимной связи. Минерализация вод колеблется от 121 до 400 мг/литр. Наиболее минерализованы родники в районе сел. Дастакерт.

По химическому составу грунтовые воды опять-таки гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые. К последним относятся родники Мегрилинского участка, несколько родников в районе сел. Дастакерт и в районе самого месторождения. В составе катионов преобладающим является кальций (23—91 мг/литр), за ним следует магний (7—29 мг/литр) и натрий (0,4—22 мг/литр). Железа содержится от 0,4 до 6 мг/литр, наименьшее количество его содержится в водах Мегрилинского участка, в некоторых пробах оно даже отсутствует. В составе анионов преобладает ион  $\text{HCO}_3$  (от 68 до 219 мг/литр) и ион  $\text{SO}_4$  (от 30 до 117 мг/литр). Исключение составляют воды района сел. Дастакерт с повышенным содержанием иона  $\text{HCO}_3$  (195—244 мг/литр) и воды Мегрилинского участка с повышенным содержанием иона  $\text{SO}_4$  (55—204 мг/литр). По повышенному процентному содержанию иона  $\text{SO}_4$  выделяются грунтовые и поверхностные воды Мегрилинского участка, района сел. Дастакерт и вдоль ручья Кошюрт.

В родниках Мегрилинского участка зачастую содержание иона  $\text{SO}_4$  превышает содержание иона  $\text{HCO}_3$ .

Молибден содержится в водах родников до 0,006—0,007 мг/литр, он почти отсутствует (следы) в водах родников верховьев р. Кызкошты. В водах некоторых родников Мегрилинского участка содержание молибдена достигает величины 0,2 мг/литр.

Таким образом, родники Мегрилинского участка, как и поверхностные воды этого участка, выделяются по повышенному содержанию в них сульфатов и молибдена и пониженному содержанию железа. Первые два обстоятельства подтверждают мнение о рудоносности Мегрилинского участка.

*Рудничные* (трещинные) *воды* Дастакертского месторождения по химическому составу идентичны грунтовым и поверхностным водам района, что говорит о существовании взаимной связи и о поверхностном пи-

тании трещинных вод из атмосферных осадков. Пробы, отобранные из капеей, минерализованы несколько больше остальных и соответственно содержат больше и отдельных компонентов. В сборных пробах интервалы содержания отдельных элементов больше, чем в других пробах, что объясняется их смешанным составом.

Воды, циркулирующие в гранодиоритах, химически не отличаются от вод, циркулирующих в порфиритовой толще. Разница в химическом составе отдельных проб вызывается условиями циркуляции вод, степенью обводненности пород данного участка и степенью его рудоносности.

По химическому составу рудничные воды гидрокарбонатно-кальциевые, в отдельных случаях гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые, в одном случае сульфатно-кальциевые.

В составе катионов преобладающим компонентом является кальций (23—96 мг/литр), за ним следует магний (7—25 мг/литр) и, наконец, натрий (следы—8 мг/литр). Железа в окисной форме содержится от следов до 30 мг/литр, железа в закисной форме от 0 до 26 мг/литр (с учетом сборных проб). Меди содержится от 0 до 1 мг/литр, цинк отсутствует.

Таблица 2

Связь минерализации вод с процентным содержанием иона  $SO_4^{2-}$

Минерализация (в мг, литр сухого остатка)	Средний % содержания $SO_4^{2-}$		
	В рудничных водах	В грунтовых водах	В поверхностных водах
0—150	—	14,6	—
151—200	17,8	16,4	14,9
201—250	16,7	20,2	20,3
251—300	19,4	22,9	19,1
301—350	20,6	15,4	32,7
351—400	23,8	28,3	—
> 400	29,9	25,9	33,4

В составе анионов преобладающими являются ион  $HCO_3^-$  (69—256 мг/литр) и ион  $SO_4^{2-}$  (27—135 мг/литр). Хлора содержится незначительное количество, от следов до 7 мг/литр, в сборных пробах до 22 мг/литр.

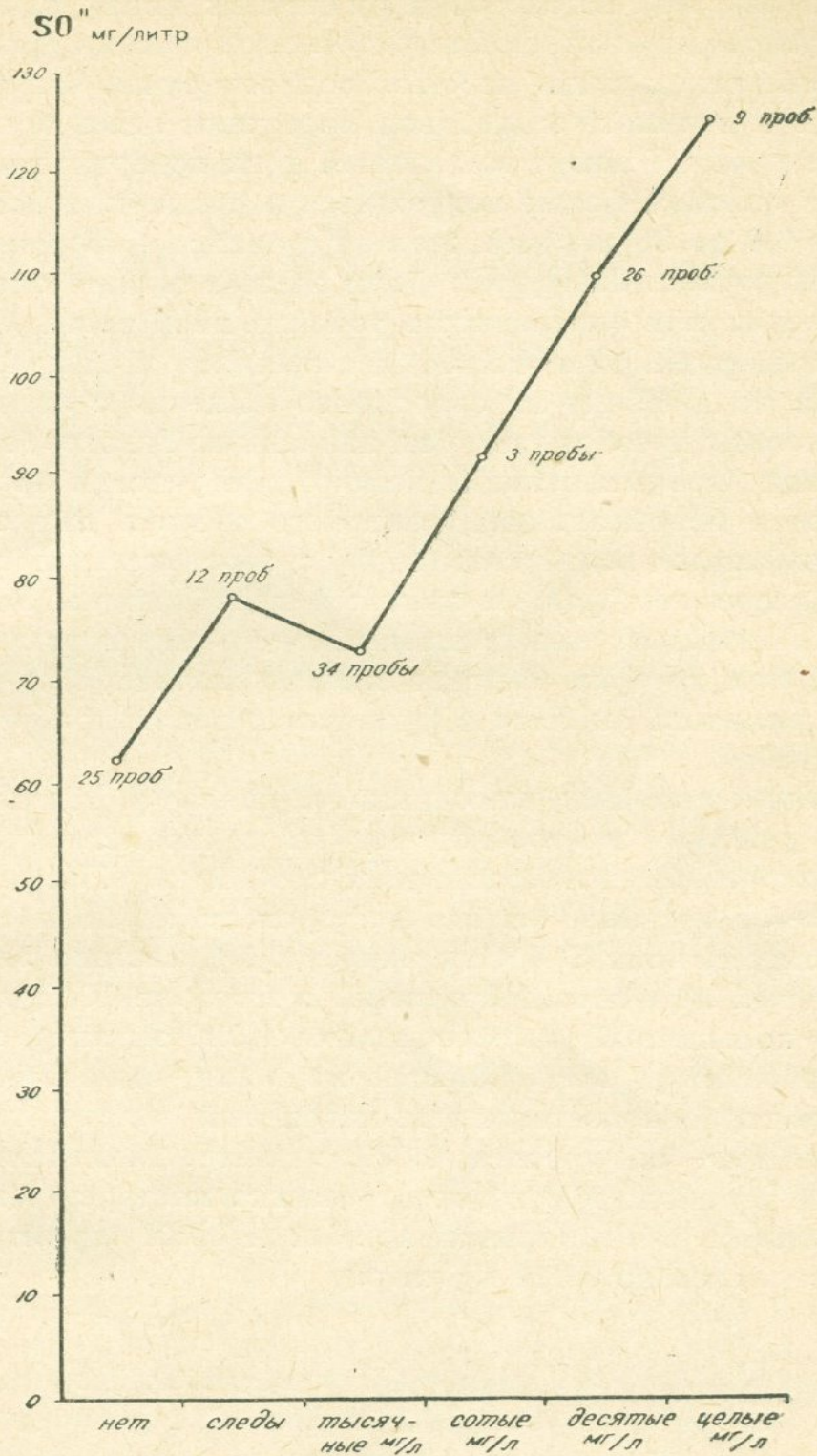
Замечено, что с увеличением минерализации вод (особенно рудничных) увеличивается, в основном, сульфатность, что наглядно видно из табл. 2.

Между содержанием в водах иона  $SO_4^{2-}$  и молибдена имеется прямая зависимость (фиг. 4).

Молибден присутствует во всех пробах в повышенном количестве от 0,2 до 4 мг/литр. Воды нейтральные, слабощелочные, рН от 7,2 до 7,7, потому и содержание в них отдельных металлов в общем очень незначительно. Кремнекислоты содержится постоянное количество от 10 до 25 мг/литр.  $H_2S$  отсутствует.

Минерализация рудничных вод, содержание в них сульфатов, молибдена и кальция последовательно увеличивает по горизонтам сверху вниз. Замеченная закономерность вполне объяснима, так как на нижних горизонтах мы встречаем воды, просачивающиеся глубже и, таким образом, имеющие большую продолжительность циркуляции, чем воды верх-

График связи молибдена с сульфатами в водах Дастакертского месторождения



Фиг. 4.

них горизонтов. Наряду с этим имеющие место процессы дренирования верхних горизонтов нижними говорят о существовании общего питания.

Среди рудничных вод по химическому составу выделяются воды с преобладанием сульфатов в составе анионов или же с равновеликим количеством иона  $SO_4$  с ионом  $HCO_3$ . Участки с сульфатно-гидрокарбонат-

ными водами были связаны с рудоносными участками. В этих водах содержание молибдена доходило до 3—7,9 мг/литр. Большое содержание молибдена (целые мг) встречено в рудничных водах района ручья Кошюрт. Вероятно, ввиду большой водоносности участка Кошюрт, обусловленной просачиванием воды из многоводного ручья вглубь пород, процессы окисления и выноса молибдена протекают здесь более интенсивно. Полоса вдоль ручья Кошюрт выделяется и на поверхности.

Железа в окисной форме содержится в рудничных водах (без сборных проб) от 0,8 до 23 мг/литр, железа в закисной форме — от 2 до 11 мг/литр. Взаимоотношением этих форм железа можно охарактеризовать степень окисления или окисленность той или иной воды.

В типичных рудничных водах, движущихся по выработанным участкам рудного поля, ввиду их свободного общения с кислородом воздуха окисное железо преобладает над закисным. Таково большинство наших проб. Воды, пропитывающие нескрытые участки оруденелой зоны, характеризуются преобладанием закисного железа над окисным, сюда относятся сульфатные воды, связанные с перспективными рудоносными участками. Интересным фактом является преобладание закисного железа в сборных пробах отдельных штолен. Здесь уже играют роль высокие значения рН, при которых окисное железо выпадает из растворов. По данным спектрального анализа в рудничных водах присутствует Ti, Mo, Cu, Mn, Al, Ba, V.

Минеральный источник, выходящий в ущелье р. Кызкошты в районе центрального участка месторождения, по химическому составу гидрокарбонатно-натриевый, минерализация 2650 мг/л. Несмотря на то, что источник выходит в районе самого месторождения, молибден в нем полностью отсутствует, пока  $SO_4$  содержится 6,1% состава анионов.

Минеральный источник, выходящий в штольне 16, сульфатно-гидрокарбонатный, кальциевый, минерализация 1,920 мг/литр, молибдена содержится—0,4 мг/литр. Минеральный источник, выходящий у сел. Да-стакерт, гидрокарбонатно-кальциево-натриевый, минерализация 4,428 мг/литр, молибдена содержится 0,007 мг/литр. Минеральные источники, выходящие в районе Мурхузского участка месторождения, гидрокарбонатно-натриевые. Минерализация 2,642 и 3,021 мг/литр, молибдена содержится от следов до 0,014 мг/литр.

### III. АГАРАКСКОЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Гидрогеологические условия Агаракского месторождения изучались нами в 1952 году. В выработках, доступных для осмотра, были изучены рудничные воды. Из заваленных выработок были отобраны сборные пробы. Была проведена гидрохимическая съемка в районе месторождения. По двум параллельным профилям вдоль ручьев Агарак и Ай-Дараси, секущих месторождение в широтном направлении, была проведена почвенная съемка методом водных вытяжек.

#### 1. Общие физико-географические условия района месторождения

Агаракское медно-молибденовое месторождение расположено близ сел. Агарак Мегринского района Армянской ССР. Абсолютная высота района месторождения колеблется от 1000 до 1300 м.

Район Агаракского месторождения охватывает восточные отроги Конгур-Алангезского хребта и несет на себе черты молодой горной области. Рельеф резко пересечен. Склоны гор крутые до отвесных скал. Изрезаны узкими ущельями, зачастую каньонообразными. Район сильно обнажен.

Месторождение расположено в бассейне правых притоков р. Мегри, горных речек Агарак-гет и Ай-Дараси. В р. Ай-Дараси впадает ручей Спетри. Месторождение пересекается в широтном направлении ущельями рек Агарак и Ай-Дараси и в меридиональном направлении Спетринским ущельем. Выделяются три участка месторождения: Центральный, Северный и Южный.

На центральном участке в районе северного склона ущелья Ай-Дараси развит небольшой почвенный и растительный покров. Спетринское ущелье представляет собой узкую расщелину с эффектными отвесными обрывами, сложенными красной брекчией. Ущелье лишено почвенного покрова и растительности, в нем беспорядочно нагромождены красные скалы. Склоны отличаются необыкновенной крутизной. Скорость эрозийного среза чрезвычайно велика. Устья разведочных выработок, пройденных сравнительно недавно, почти совершенно не сохранились. Материал отвалов снесен вниз вместе с обломками скал, непрерывно обрушивающимися в сторону Спетринского ручья.

Северный участок расположен на южных склонах Курисского плато. Склоны крутые и скалистые. И здесь снос разрушенного материала идет

с большой скоростью. Южный участок покрыт наносами, рельеф более мягкий. Хорошо обнажен участок по ущельям рек.

По характеру почвенного покрова район Агарака, относящийся к области высокой полупустыни, вулканических террас и платообразных возвышенностей с каменистыми буграми и холмами, входит в зону горно-бурых почв. Различаются светло-бурые, каменистые почвы на карбонатной коре выветривания эродированных склонов вулканических холмов и на их пролюво-делювиальных выносах и бурые почвы на карбонатной коре выветривания вулканических пород.

Климат района близок к субтропическому, но отличается от него меньшим количеством зимних осадков и сравнительно большей континентальностью. Такой климат Кеппен (46) назвал климатом маиса, переходным к субтропическому от умеренного. Согласно И. В. Фигуровскому (34) климат маиса широко распространен на Кавказе, занимая все долины у южной подошвы Главного хребта и в Закавказье. В Европе он встречен в Италии, Румынии и Сербии. Как видно из табл. 3, температурные условия Мегринского района близки к таковым этих районов Европы. Климат маиса разрешает культуру винограда и развитие плодоводства, с чем мы и встречаемся в Мегринском районе.

Т а б л и ц а 3

Средние температуры воздуха районов климата маиса.

Р а й о н ы	Средняя температура теплого периода (с V по X)	Средняя температура холодного периода (с XI по III)	Годовая
Болонья (Италия)	21,4	4,9	13,1
Бургас (Румыния)	20,0	3,9	12,1
Белград (Сербия)	19,3	2,5	11,1
Алессандрия (Италия)	20,6	3,4	12,1
Пиаченца (Италия)	20,7	3,4	12,1
Мегри (Армянская ССР)	23,1	3,9	13,6

Таким образом, район Агарацкого месторождения по своим климатическим условиям резко отличается от районов других медно-молибденовых месторождений Армении, расположенных в высокогорных областях. Температура воздуха во все времена года здесь значительно выше, количество выпадаемых осадков значительно меньше. Район характеризуется жарким летом, продолжительной теплой осенью и умеренной зимой.

Среднегодовая температура воздуха 13,6°C. Максимального значения температура воздуха достигает в июле—августе (23,6°—26,6 С), минимального в январе—феврале (0,2—0,9°C), редко спускаясь ниже 0° (фиг. 7).

Среднегодовая норма осадков 200—250 мм. Максимум осадков (25—30 мм) выпадает в мае. Июнь также богат осадками, как и май.

За сравнительно влажной весной и началом лета следуют сухие середина и конец лета и начало осени. В июле и августе выпадает всего осадков около 2—5 мм за месяц. Осенний вторичный максимум наступает в октябре (фиг. 8). Зимой лежит короткое время снег.

Как будет видно из дальнейшего изложения, особенности климата отражаются на гидрогеологии и гидрохимии района, несколько отличных от таковых вышеописанных месторождений.

## 2. Краткий геологический очерк района и описание месторождения

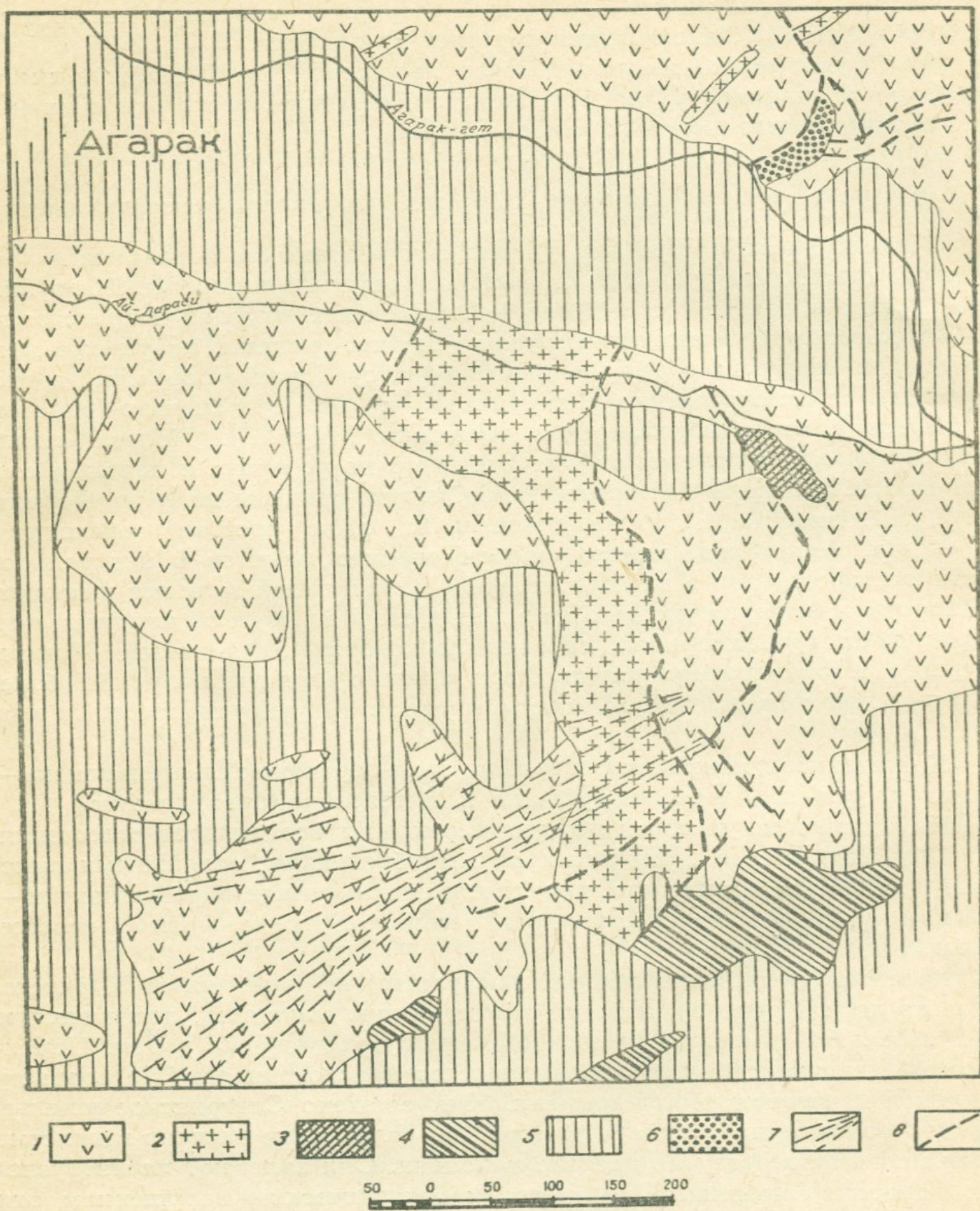
В геологическом строении района Агаракского месторождения принимают участие интрузивные и частично осадочные породы. Интрузивные породы входят в состав Конгур-Алангезского плутона и представлены породами монцонитовой интрузии (сиенито-граниты, кварцевые монцониты) и интрузии порфиридных гранитов (гранит-порфиры, гранодиориты). Месторождение приурочено к полосе сиенито-гранитов, вытянутых в меридиональном направлении (фиг. 5). Полоса сиенито-гранитов протягивается от сел. Вагравар до р. Аракс и целиком составляет всю территорию месторождения. Сиенито-граниты на западе граничат с гранодиоритами (прорывающими их), а на востоке переходят в кварцевые монцониты. Внутри полосы сиенито-гранитов в центральной части месторождения в меридиональном направлении залегает шток гранодиорит-порфира, падающего на запад в сторону крупной интрузии порфиридных гранодиоритов, сателлитом которой он является. Помимо крупного штока гранодиорит-порфира сиенито-граниты прорваны более мелкими дайками, представленными порфиритами и гранодиорит-порфирами.

Как сиенито-граниты, так и гранодиорит-порфиры сильно изменены — серицитизированы, каолинизированы и интенсивно окварцованы.

На отдельных участках породы перекрыты осадочными отложениями, представленными мощными красными брекчиями, отдельными выходами угленосных песчаников и различными наносными образованиями — древним аллювием и современными аллюво-делювиальными отложениями.

Красные брекчии широко распространены по площади от Курисского плато до с. Карчеван и имеют значительную мощность, достигающую 70 м. Состоят из остроугольных обломком интрузивных пород. Цементом служит глинисто-железистое вещество красного цвета. По возрасту относятся к четвертичному времени. Ими сложено Спетринское ущелье, где они залегают на рудоносных породах. Угленосные песчано-глинистые отложения по возрасту не древнее плиоцена. Они залегают на интрузивных породах. Смещенные по крупным тектоническим нарушениям они встречаются и в горных выработках на большой глубине.

В пределах рудного поля развиты дизъюнктивные нарушения, сыгравшие большую роль в формировании месторождения. Главные из них это Агаракский, Спетринский и «диагональный» разломы.



Фиг. 5. 1-сиенито-граниты; 2-гранодиорит-порфиры; 3-песчаники; 4-красные брекчии; 5-современные отложения; 6-древний аллювий; 7-зоны дробления; 8-тектонические трещины.

Агаракский и Спетринский разломы меридионального направления с противоположными азимутами падения навстречу друг другу ограничивают с двух сторон рудное поле месторождения. Спетринский разлом ограничивает рудное поле с востока; протягивается он в меридиональном направлении с падением на юго-запад под углом  $30^{\circ}$ — $75^{\circ}$ , с глубиной выполаживаясь. Прослеживается разлом вдоль Спетринского ущелья и скрывается под толщей красных брекчий. На всем своем протяжении Спетринский разлом проходит в сиенито-гранитах и сопровождается зоной брекчированных пород.

Агаракский разлом ограничивает рудное поле с запада. Простирается на СВ  $20^{\circ}$ — $40^{\circ}$  и падает на восток под углом  $60$ — $70^{\circ}$ . Сопровождается крупной брекчированной зоной разлома. На всем своем протяжении проходит в массиве гранодиоритов.

К западу от Спетринского разлома вдоль контакта сиенито-гранитов с гранодиорит-порфирами протягивается еще одно нарушение близ-меридионального направления с падением на юго-запад. Параллельно Агаракскому разлому проходит еще один разлом меридионального простирания с падением на восток. Разлом этот приурочен к контакту гранодиоритов и сиенито-гранитов.

«Диагональный» разлом имеет СВ простирание и падение на СЗ, сопровождается зоной перемятых и брекчированных пород мощностью до 40 мт. С ним сопряжены мелкие зоны дробления того же простирания и падения.

Описанные разломы и зоны дробления являлись удобными путями для циркуляции рудоносных растворов. Брекчированные зоны имеют повышенное содержание металлов. Вдоль них происходили повторные нарушения и после процессов рудообразования.

Оруденение приурочено к измененным сиенито-гранитам и гранодиорит-порфирам, причем среднее содержание руды не зависит от породы. Степень оруденения зависит исключительно от раздробленности пород. Наибольшее оруденение приурочено к брекчированным зонам вдоль разломов и трещин.

Рудное поле заключено в блоке между восточным контактом гранодиорит-порфира с сиенитом и Спетринским разломом. Наиболее богатый участок приурочен к восточному контакту штока гранодиорит-порфира с сиенито-гранитом. На востоке оруденение ограничивается Спетринским разломом.

Руды месторождения, в основном, вкрапленные. Прожилки и примазки играют второстепенную роль.

По данным Н. А. Акоюн (1) первичными минералами месторождения являются пирит, халькопирит, молибденит, борнит, гематит, магнетит, теннантит, энаргит, висмутовые (?) минералы, самородное железо, пирротин.

Из минералов зоны вторичного сульфидного обогащения встречены халькозин, борнит и ковеллин. Из гипергенных минералов, слагающих выщелоченные руды и участки с окисленными и полуокисленными руда-

ми, по ее же данным распространен малахит, группа водных окислов железа (различные «лимониты»), азурит, ярозит, лампадит, медно-марганцевая смоляная руда, халькантит, редки-ферримолибдит, блёдит, самородная медь, самородная сера, куприт, тенорит, мелакоцит, псиломелан, смитсонит, галлуазит, хризоколла. Жильными минералами являются кварц, серицит, хлорит, эпидот, карбонаты, каолинит и гипс.

Из окисленных минералов наиболее широко распространен малахит, встречающийся на месторождении почти повсеместно. Встречается в виде примазок, натеков, заполнителя трещинок и пустот, нередко в виде землистых масс. Вдоль русел речек на значительном протяжении встречаются наносные образования, сцементированные малахитом. Встречаются в виде натеков и студенистых масс вдоль стекающих из отдельных штолен струй рудничной воды. В ассоциации с малахитом, но в меньших количествах встречается куприт. На поверхности очень часто наблюдаются незначительные скопления (корки, пленки, землистые массы и др.) минералов группы лимонита. С ними тесно ассоциируется ярозит, развитый широко, но в небольших количествах, в поверхностных частях месторождения. На месторождении развиты медно-марганцевые минералы в виде лампадита и медно-марганцевой смоляной руды. С ними наряду присутствует псиломелан. Вдоль устьев старых выработок, а иногда и вдоль русел речек, где имеет место увлажнение почвы, встречается халькантит и с ним гипс.

Из окисленных минералов молибденита в небольшом количестве представлен ферримолибдит. Встречен он в ряде мест ущелий рр. Ай-Дараси и Спетри.

Зона окисления на месторождении практически не выделяется. Ввиду сильно пересеченного рельефа, большой крутизны склонов происходит энергичный снос материала. Воды, являющиеся основным агентом окисления, быстро стекают в периоды дождей в ручьи и реки, снося разрушенный материал и не проникая вглубь пород. (Только по отдельным трещинам и крупным зонам нарушения на отдельных участках воды проникают вглубь месторождения). Таким образом, быстро протекающие процессы эрозии опережают процессы выщелачивания и окисления. Рассеянный характер рудной массы способствует замедлению процессов окисления. В силу вышеизложенного окисленные минералы встречаются лишь в виде корочек, налетов и реже отдельных скоплений по пустотам и трещинам. Встречаются окисленные минералы в приповерхностных частях месторождения. Кроме того, скопления окисленных минералов встречаются и на глубине вдоль отдельных трещин и крупных зон нарушения, являющихся удобными путями циркуляции вод.

Однако, по сравнению с Каджаранским и, особенно, Дастакертским месторождениями процессы окисления на Агаракском месторождении протекают гораздо интенсивнее и зона окисления развита больше. В Агараке окисленные минералы представлены в большем количестве и разнообразии; воды, циркулирующие на Агаракском месторождении в отличие от вод Каджаранского и Дастакертского месторождений насыщены

сульфатами, встречаются среди них и кислые воды. На Агаракском месторождении обнаружены гипергенные минералы молибдена, тогда как в Дастакерте они отсутствуют полностью, а в Каджаране они очень не характерны и редки. Окисленные минералы меди (в основном малахит) широко распространены на Агаракском месторождении, тогда как в Дастакерте и Каджаране они распространены сравнительно мало. Такое различие в развитии зон окисления может быть объяснено только различием климатических условий.

### 3. Гидрогеологическая характеристика района месторождения

Гидрогеологические условия района Агаракского месторождения определяются глубокой расчлененностью рельефа, крутизной склонов и малой проницаемостью слагающих пород, а также сильным испарением и небольшим количеством выпадающих осадков, благодаря чему Агаракское месторождение наименее обводнено.

По сравнению с районами других медно-молибденовых месторождений Армянской ССР количество осадков резко занижено, а средняя температура завышена. Разница в климатических условиях отражается на гидрогеологических условиях района и на химизме вод, резко выделяющихся по своему составу. Воды образуются только путем непосредственного просачивания атмосферных осадков, которое очень невелико, так как глубокая расчлененность рельефа, отличающегося крупными и обрывистыми склонами гор, вызывает быстрый сток талых и дождевых вод в русла протекающих на месторождении рек.

Вдоль месторождения протекают небольшие горные речки Ай-Дараси и Агарак-гет, мелеющие к середине лета. В них впадает сеть мелких ручьев, в основном пересыхающая летом. Ручей Спетри впадает в речку Ай-Дараси. Летом ручей Спетри мелеет. Вода ручья голубого цвета от присутствия в нем меди.

Заметная часть выпадающих осадков расходуется на испарение и лишь небольшая часть их просачивается вглубь пород. Инфильтрации атмосферных осадков благоприятствует трещиноватость пород, существование в водораздельных частях массива отдельных крупных трещин. В общем породы района как интрузивные, так и осадочные образования, слабо водообильны.

По характеру циркуляции подземные воды района можно подразделить на два типа вод: 1) воды, приуроченные к массивным интрузивным породам (сиенито-граниты и гранодиорит-порфиры) и 2) воды, приуроченные к осадочным образованиям (аллюво-делювиальные отложения, элюво-делювиальные наносы, красные брекчии и углистые отложения).

Интрузивные породы с трещинным типом водопроницаемости отличаются слабой водообильностью. На дневной поверхности в районе месторождения в настоящее время полностью отсутствуют выходы вод из обнажающихся интрузивных пород. Может быть, это связано с дрениро-

ванностью пород подземными выработками, так как вне месторождения были зарегистрированы родники этого типа с дебитом от 0,1 до 3—4 л/сек.

В пределах месторождения воды этого типа встречены в подземных выработках, в зонах крупных нарушений, в нарушенных крыльях разрывов. «Капеж» приурочивается и к системе мелких трещин вдали от нарушений. Гранодиорит-порфиры обводнены значительно больше. А в общем, интрузивные породы слабо водообильны и подземные выработки очень слабо обводнены.

Элюво-делювиальные наносы и аллювиальные отложения отличаются большей водообильностью по сравнению с интрузивными породами. Водообильность их увеличивается в периоды осадков. Циркуляция вод происходит по порам и пустотам. Выходы концентрируются в виде родников. В наносных отложениях зарегистрированы родники с непостоянным дебитом и ряд высачиваний. Питаются они за счет атмосферных осадков и просачивания из ручьев и речек района. Все они обладают незначительным дебитом. Наибольший дебит и постоянство выхода имеют родники, выходящие по контакту с подстилающими интрузивными породами, играющими роль водоупора. Родники, связанные с существованием верховодки в аллювиальных отложениях, имеют меньший дебит и непостоянны. Нами зарегистрированы всего 7 родников, выходящих из наносов в районе месторождения.

Красные брекчии и осадочные углистые отложения практически водоупорны, что объясняется их плотным сложением. На значительной площади выхода красных брекчий нами зарегистрирован всего один выход воды в виде незначительного просачивания на правом берегу основного лога Спетринского ущелья. Температура воды 18,8°C.

Район изобилует выходами минеральных вод. Все выходы обладают незначительным дебитом. Нами в районе месторождения, в верховьях р. Ай-Дараси и в районе сел. Курис зарегистрированы 7 минеральных источников.

Разведочные выработки месторождения в большинстве случаев сухие. Поступление вод в отдельные выработки связано исключительно с тектоническими условиями и в большинстве случаев не образует концентрированных выходов.

Дебит ручейков, вытекающих из штолен, за редким исключением, незначителен. В ряде старых выработок, в устьевых частях образуются небольшие участки застойных вод.

Приток воды происходит в виде капежей с кровли и высачиваний из подошвы. Из сравнения дебита сборных ручейков и количества воды, поступающей в виде капежа, можно сделать вывод, что основной водоприток идет из подошвы выработок. Капежи располагаются отдельными пятнами и разделены блоками совершенно сухих пород.

Устья огромного большинства заброшенных штолен совершенно сухие. Обводненные штольни сосредоточены в ущелье р. Ай-Дараси на рудоносном участке, зажатом между главными разломами. Здесь штольни

заданы в гранодиорит-порфирах и отчасти в сиенито-гранитах. На этом участке сухих штолен нет. Таким образом, основные разломы месторождения и сопровождающие их трещины являются водоносными. Другая группа водообильных штолен сосредоточена также в ущелье р. Ай-Дараси на востоке.

На наиболее обводненном рудоносном участке вода, вытекающая из штолен, по своему течению обильно отлагает азурит и малахит в виде натеков и студенистой массы. Отложения их настолько обильны, что на этом участке реки малахит и азурит цементируют речные наносы вдоль русла реки.

Благодаря водообильности этого участка здесь происходят интенсивные процессы окисления.

На другом, водообильном, но слабо рудоносном участке месторождения в штольнях процессы окисления не выражены ввиду бедности оруденения.

#### 4. Химизм вод

Воды Агаракского месторождения очень разнообразны по своему химическому составу. Как минерализация вод, так и содержание в них отдельных компонентов колеблется в очень широких пределах (фиг. 15).

Общая минерализация *грунтовых* вод колеблется от 233 до 908 мг/литр. Наиболее минерализованы (906—908 мг/л) воды двух родников, выходящих в ущелье Ай-Дараси. Наименее минерализована (233 мг/л) вода одного из родников в ущелье р. Агарак. В составе катионов, в основном, преобладает кальций. Из 10 проанализированных проб воды только в двух пробах (верховье Ай-Дараси и Спетринское ущелье) натрий преобладает над кальцием.

В составе анионов, в основном, преобладающим компонентом является ион  $\text{HCO}_3$ . Из 10 проанализированных проб только в трех  $\text{SO}_4^{''}$  преобладает над  $\text{HCO}_3$ . Воды разнотипны. Выделяются воды двух родников — одного в верховьях р. Ай-Дараси, другого — в Спетринском ущелье. В этих водах наблюдается наибольшее содержание натрия и молибдена (последнего от 0,3 до 1,6 мг/литр против среднего для грунтовых вод Агарака 0,03—0,06 мг/л), при очень незначительном содержании железа.

Минерализация *рудничных вод* колеблется от 680 до 8128 мг/л сухого остатка и намного превышает минерализацию вод наносных образований, что является вполне закономерным. В результате более глубокой и длительной циркуляции этих вод в породах они сильнее минерализованы. Наибольшее число случаев приходится на интервал от 600 до 3000 мг/литр. Пробы из капелей по штольням минерализованы сильнее сборных проб (3074—5756 мг/литр).

В рудничных водах резко колеблется содержание отдельных компонентов. Состав их смешанный. В 13 из 18 проб натрий преобладает над кальцием и магнием и в 7 пробах преобладает над суммой каль-

ция и магния. Наибольшее количество натрия составляет 2398 мг/литр — 41%. В составе анионов преобладает ион  $\text{SO}_4$ . Из 18 проанализированных проб в 13-ти  $\text{SO}_4$  преобладает над суммой  $\text{HCO}'$  и  $\text{Cl}'$  и только в двух пробах иона  $\text{SO}_4$  содержится меньше, чем иона  $\text{HCO}_3$ . Таким образом, рудничные воды, в основном, сульфатные. Большое содержание молибдена обнаружено в воде группы штолен на западе ущелья р. Ай-Дараси и на южном участке.

Кислотность агаракских вод колеблется от  $\text{pH}=6,8$  до  $\text{pH}=8,4$ , причем огромное большинство вод имеет  $\text{pH}=7,6-7,8$ , т. е. нейтральные, ближе к щелочным. Поэтому и содержание в них отдельных металлов невелико. По данным спектрального анализа в водах некоторых проб присутствует  $\text{Al}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{Cu}$  и  $\text{V}$ .

*Поверхностные* водотоки также подвергались химическому анализу. Из р. Ай-Дараси были отобраны 4 пробы и 2 пробы из р. Агарак.

По Ай-Дараси 1-я проба взята немного выше месторождения, 2-я проба — в пределах месторождения, 3-я — на окисленном участке месторождения, 4-я проба — за месторождением. Замечено вниз по течению реки последовательное увеличение минерализации (370—382—528 мг/литр), содержания натрия (3—4—77 мг/л или 0,89—1,24—19,1%), железа (0,8—1,6—2,4 мг/л) и иона  $\text{SO}_4$  (82—72—214 мг/л или 12,7—10,9—25,2%). Иона  $\text{MoO}_4$  содержится в речной воде р. Ай-Дараси от 0,04 до 0,9 мг/л.

По р. Агарак 1-я проба взята несколько выше месторождения, 2-я на месторождении, у впадения р. Агарак в р. Ай-Дараси. Здесь вниз по течению реки наблюдается последовательное уменьшение минерализации (350—272—127 мг/л), содержания иона  $\text{SO}_4$  (77—29 мг/л — не обн. или 13—6,8% — не обн.) и иона  $\text{MoO}_4$  (0,06—0,04—0,03 мг/л), а также увеличение содержания железа (0,4—0,5—0,8 мг/л) и иона  $\text{HCO}_3$  (35,3—40,9—42,3%).

Очевидно, на изученном отрезке рек в р. Ай-Дараси не поступает пресная вода и на ее химический состав влияют только воды, стекающие из штолен. Минерализация этих вод большая. Приток их значителен, особенно на окисленном участке месторождения. Наоборот, р. Агарак пополняется пресными водами, а приток рудничных вод здесь незначителен.

Минеральные источники района в своем химическом составе обнаруживают большое разнообразие. Минеральные источники, выходящие в ущелье Ай-Дараси, гидрокарбонатно-кальциевые, минерализация 480 и 1932 мг/литр.,  $\text{MoO}_4$ —0,2 мг/л и отсутствует (в верховьях Ай-Дараси).

В ущелье р. Агарак один минеральный источник сульфатно-натриевый, общая минерализация 950 мг/л, молибдена содержится 2 мг/л, два источника гидрокарбонатно-натриевые, общая минерализация 3023 и 3071 мг/л, молибдена содержится 0,04 мг/л и не обнаружен. Один источник гидрокарбонатный, натриево-кальциевый, общая минерализация 1822 мг/л, молибден не обнаружен.

Минеральный источник, выходящий у сел. Курис, гидрокарбонатно-

сульфатный, натриево-кальциевый, общая минерализация незначительная, 481 мг/литр, молибден не обнаружен.

Таким образом: 1. подземные воды Агаракского месторождения резко выделяются по своему химическому составу среди вод других медно-молибденовых месторождений Армянской ССР; 2. воды Агаракского месторождения чрезвычайно разнообразны по своему химическому составу отличаются большей минерализацией, чем воды Дастакертского и Каджаранского месторождений, 3. рудничные воды характеризуются значительным содержанием сульфатов (преобладающим); родниковые воды более гидрокарбонатные, чем сульфатные. Значительная сульфатность рудничных вод объясняется имеющими место процессами окисления сульфидов. Встречаются и кислые воды; 4. в составе катионов рудничных вод, в основном, преобладает натрий, а родниковых вод — кальций; 5. молибден встречен во всех пробах вод, взятых на месторождении в количестве от сотых до целых мг. Медь встречена в пробах рудничной воды от следов до целых мг.; 6. для вод Агаракского месторождения зависимость между содержанием в них сульфатов и молибдена нечеткая. Такая зависимость (табл. 7) существует для группы интервалов. Внутри интервалов зависимости нет; 7. в противоположность Каджаранскому и Дастакертскому месторождениям, где все подземные воды района однотипны по своему химическому составу, в Агараке рудничные и родниковые воды различны по составу и очень разнообразны, что говорит о сложности их взаимосвязи.

#### IV. АНКАВАНСКОЕ МЕДНО-МОЛИБДЕНОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Гидрогеологические исследования на Анкаванском (Мисханском) медно-молибденовом месторождении проводились нами в период 1945—1948 гг. в связи с изучением общей гидрогеологии средней части Памбакского хребта и Мисхано-Мармарикских минеральных вод. В 1951—1952 гг. в районе месторождения были отобраны специальные пробы воды на присутствие молибдена. В 1952 г. на участке Дамир-Магара была проведена пробная почвенно-гидрохимическая съемка по двум параллельным профилям (10). В 1953 г. была проведена почвенно-гидрохимическая съемка в районе месторождения на площади развития кварцевых диоритов. В 1956 году велись детальные почвенно-гидрохимические исследования, результаты которых в настоящей работе не рассматриваются.

##### 1. Общие физико-географические условия района месторождения

Анкаванское (Мисханское) медно-молибденовое месторождение находится близ сел. Анкаван (Мисхана) Ахтинского района АрмССР.

Абсолютная высота расположения сел. Анкаван достигает 2000 мт. над уровнем моря.

Ущелье р. Мармарик-Маман, в котором расположено селение, разделяет Памбакский хребет от его отрога хребта Цахкуник (Мисханского). Месторождение приурочено к интрузии кварцевых диоритов, захватывающей как южные склоны Памбакского, так и северные склоны Цахкуникского (Мисханского) хребта. Рельеф района сравнительно мягкий, склоны хребтов изрезаны неглубокими ущельями и оврагами. В районе месторождения в р. Мармарик впадают ручьи Намазолян, Дамир-Магара, Ятам-дзор и др. мелкие безымянные ручьи. Ручьи питаются дождевыми и талыми водами.

Общим для всех рек и ручьев района является непостоянство их дебита, так как питание их во многом зависит от таяния снегового покрова и количества выпадающих дождей. Поэтому они многоводны весной и ранним летом и мелеют к середине лета. Наблюдаются два максимума поверхностного стока: весенний и осенний, причем весенний всегда больше осеннего.

Непосредственно после дождей дебит рек сильно возрастает на короткий срок.

Обнаженность в районе незначительная. Хорошо обнажены местами только южные склоны Памбакского хребта. Растительность развита на склонах обоих хребтов. Это пышные альпийские луга, низкорослый лес и кустарник. Развита низкорослая ива, березы, дубки, карликовый можжевельник и др.

По характеру почвенного покрова район Анкавана, относящийся к области горных степей с вулканическим ландшафтом, входит в зону умеренно-влажных горных степей. Различаются: 1) черноземы малогумусные, слабовыщелоченные, преимущественно на вулканических породах; 2) лесные бурые мощные и среднемощные глинистые и суглинистые почвы (гора Ортулю, ущелье Дамир-Магара); 3) луговые коричневые маломощные каменистые суглинистые задерненные почвы крутых эродированных склонов (район главного участка); 4) луговые коричневые маломощные и среднемощные каменистые суглинистые задерненные почвы сильно каменистых склонов (вершина г. Ортулю и полоса вдоль левого берега Дамир-Магара); 5) темно-каштановые, преимущественно среднемощные каменисто-щебенистые суглинистые карбонатные почвы крутых склонов (ущелье Ятам-дзор и левый берег р. Мармарик ниже месторождения).

Климатически район входит в область Закавказского плоскогорья, в зону альпийских высот. Климат умеренный, влажный. Лето прохладное, зима сравнительно мягкая, но продолжительная.

Как обычно, в высокогорных районах, вследствие чистоты и разреженности воздуха солнечные лучи обладают большой тепловой и химической силой. Разница между температурой на солнце и в тени очень значительная.

Среднегодовая температура равна  $+5,3^{\circ}\text{C}$ . Средний максимум температуры приходится на июль-август, средний минимум — на январь и февраль. Абсолютный максимум температуры  $+29$   $+30^{\circ}\text{C}$ , абсолютный минимум  $-20$   $-21^{\circ}\text{C}$ . С ноября по март включительно температура может опускаться ниже нуля.

Выпадающие осадки весьма обильны и по ним этот район может быть отнесен к области с повышенным количеством осадков. Сумма осадков за год так же, как и среднемесячное количество их выражается весьма значительными величинами.

Максимум осадков выпадает поздней весной или ранним летом — в мае и июне. Середина и конец лета сравнительно сухи. Второй максимум, осенний, наступает в октябре.

Значительная часть атмосферных осадков выпадает в виде града и снега. Сильно развита грозовая деятельность. Грозы начинаются в мае и продолжаются до октября. Наибольшее число гроз приходится на июнь и июль.

Снежный покров устанавливается в декабре и держится до апреля. Более высокие части рельефа остаются под снежным покровом до мая.

В глубоких оврагах на вершинах гор часто до середины лета остаются нерастаявшие снежники, имеющие большое значение в питании поверхностного стока. В период таяния снегового покрова и обилия осадков почва бывает насыщена влагой. Весна наступает сравнительно поздно. Осень продолжительная и теплая.

## 2. Краткий геологический очерк района и описание месторождения

Район Анкаванского (Мисханского) медно-молибденового месторождения представляет собою северное крыло громадного Мисхано-Арзаканского антиклинала, сложенного метаморфическими сланцами кембрия-докембрия, переслаивающимися с мраморизованными известняками и инъецированными палеозойскими лейкократовыми гранитами. Метаморфические сланцы имеют широтное простирание при преимущественно крутом до отвесного падения на север. Прослои мраморов синхроничны общей толщине. Они наблюдаются в разных участках метаморфической толщи, выдержаны по простиранию, но редки.

Лейкократовые граниты, распространенные исключительно среди метаморфических сланцев, образуют как отдельные интрузии, так и небольшие инъекции в метаморфической толще. Жильные разности их светлые аплиты-играют большую роль. Жилы как пластовые, так и секущие.

Мисхано-Арзаканский антиклинал хорошо оконтуривается отложениями верхнего мела и эоцена, прослеженными уже за пределами района месторождения. Наиболее молодыми изверженными породами района являются плиоценовые (?) андезитодацитовые лавы.

Спускаясь с вершины Цахкуникского хребта, они покрывают плагиограниты и верхнетретичные кварцевые диориты, прорывающие в районе Анкавана (Мисханы) древнюю метаморфическую толщу (фиг. 6).

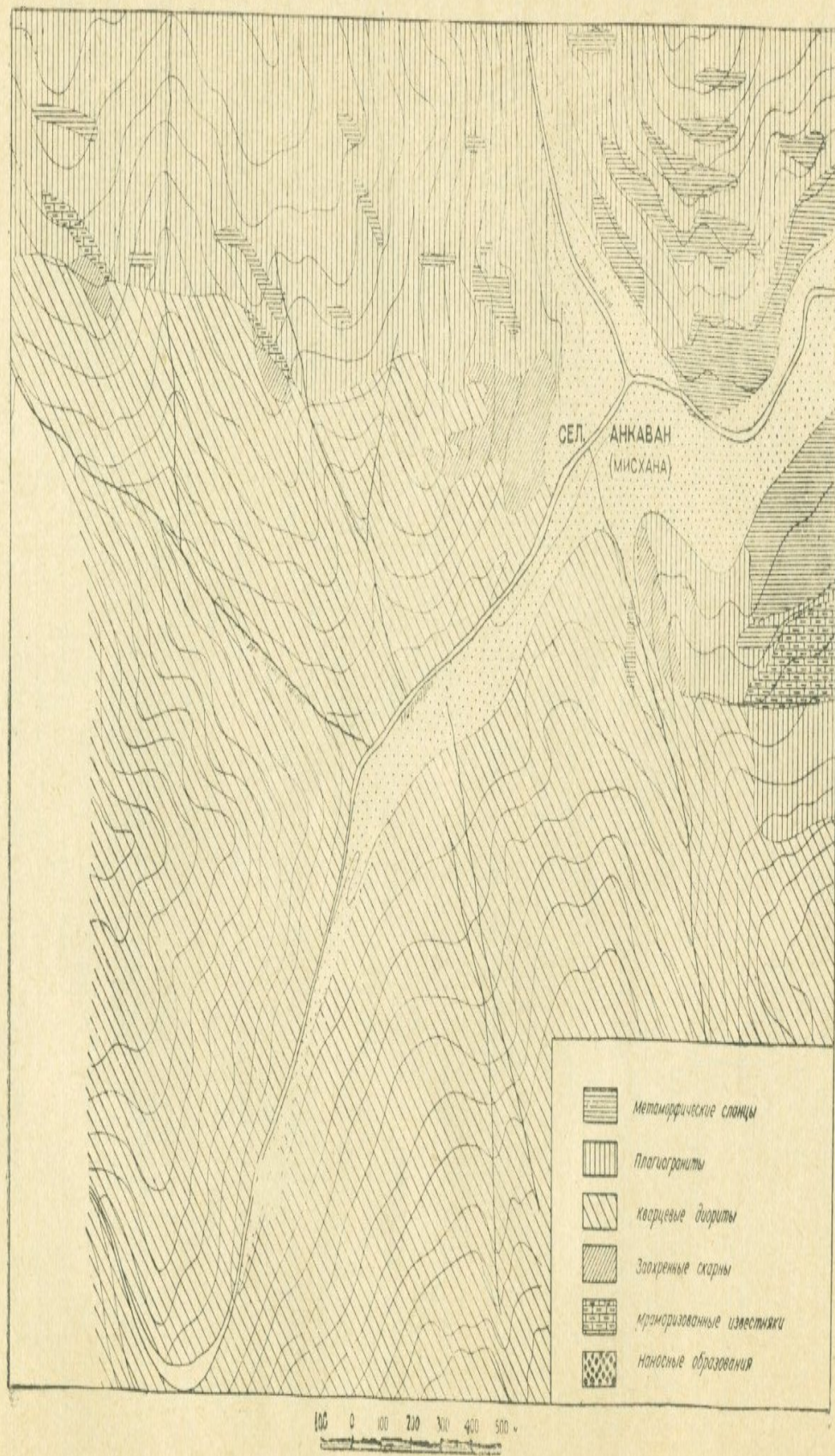
Кварцевые диориты, обнажающиеся у сел. Анкаван (Мисхана) и по обоим берегам истоков р. Мармарик, образуют удлиненный шток, вытянутый к западу от сел. Анкаван (Мисхана). На участке месторождения в кварцевых диоритах получают развитие дайки гранодиорит-порфиров северо-восточного простирания.

В штоке кварцевых диоритов на участке ущелья Дамир-Магара работами последних лет Арм. Геологическим управлением обнаружено штоковерково-вкрапленное оруденение. Здесь в настоящее время ведутся разведочные работы.

Работами прошлых лет было установлено оруденение, приуроченное исключительно к полосе эпидото-гранатовых скарнов, образовавшихся в контакте древнего комплекса сланцев, мраморов и гранитов, с одной стороны, и интрузии кварцевых диоритов — с другой.

Вдоль контактовой полосы широтного простирания были обнаружены 3 участка оруденения. Вблизи скарнов, с которыми связано оруденение, известны остатки мраморов.

Геологическая карта Анкаванского месторождения (по В. Н. Котляру).



Фиг. 6.

Главный участок расположен у самого сел. Анкаван. Сложен лимонитизированными и оруденелыми скарнами. К западу от главного участка находится рудный участок Ближний Дамир-Магара. Рудная залежь удлиненной формы. Представлена окисленной рудой, переходящей в скарновую породу, разбитую сетью кварцевых жилков, выполненных молибденитом и халькопиритом. К западу отсюда находится участок Дальний Дамир-Магара. Рудная залежь представлена плотной охристо-скарновой рудой. Залежь той же удлиненной формы, расположена вдоль того же контакта кварцевых диоритов с древней метаморфической толщей, что и первые два участка.

Контакт на всем протяжении совпадает с крупным Мисханским разломом, появившимся в результате последующих за внедрением интрузии кварцевых диоритов тектонических движений. Мисханский разлом имеет региональное значение. Он протягивается от г. Дямлик-Гядук через Анкаван на восток, совпадая на некотором протяжении с руслом р. Мармарик. Разлом контролируется в районе месторождения полосой заохренных и окварцованных тектонических брекчий, хорошо прослеженных в поверхностных выходах, а также в ряде штолен и в разрезах буровых скважин. Полоса брекчий сопровождается каолинизированными аплитами. К востоку разлом протягивается уже в однородной толще метаморфических сланцев и гранитов. Здесь в реке Мармарик на участке, ослабленном речной эрозией, наблюдаются обильные выходы минеральной воды.

Разлом протягивается до сел. Меградзор. Простираение его почти широтное. Падение северное при меняющемся угле от 40 до 60°. С главным разломом сопряжены другие более мелкие перемещения. Следы этих перемещений чрезвычайно густы в окисленной рудной залежи и наблюдаются в оруденелых кварцевых диоритах.

Трещиноватость пород и низкий уровень грунтовых вод привели к образованию глубокой зоны окисления, нижняя граница которой вдоль зоны разлома опускается от 40 до 60 мт.

Наиболее важными факторами, влияющими на образование интенсивно проявленной зоны окисления, являются сильная трещиноватость пород, низкий уровень грунтовых вод, повышенное содержание пирита, окисление которого значительно ускоряет окисление всего сульфидного материала и, наконец, обильное выпадение осадков.

По данным Н. А. Акопян (1) среди первичных минералов, встречаемых на месторождении, отмечают: молибденит, халькопирит, пирит, магнетит, гематит, борнит, теннантит, марказит. Из минералов зоны вторичного сульфидного обогащения — халькозин, борнит, ковеллин. Из минералов зоны окисления широко распространены: лимониты (гидрогематит, гидрогетит, стильносидерит), малахит, азурит; менее распространены — опал, куприт, хризоколла, ярозит, гипс; редки-самородная медь, медно-марганцевая руда, анкерит, галлуазит, скородит, лейкохальцит (?), фармакосидерит, халькантит, ферримолибдит. Последний встре-

чается в виде тонких налетов и небольших скоплений в кварц-молибденитовых жилках.

### 3. Гидрогеологическая характеристика района месторождения

В целом район средней части Памбакского хребта, куда входит Анкаванское медно-молибденовое месторождение, сложен породами слабопроницаемыми, обладающими только трещинным типом водопроницаемости. Главным источником питания подземных вод являются атмосферные осадки. Благодаря пересеченности рельефа и слабой водопроницаемости пород большая часть атмосферных осадков уходит в виде поверхностного стока. Небольшая часть формирует подземный сток-воды, циркулирующие в большинстве своем в поверхностной трещиноватой зоне пород.

Трещины в породах сообщаются между собою, но иногда изолированы и заполнены глинистыми продуктами разрушения. Последнее обстоятельство, в свою очередь, уменьшает водопроницаемость породы.

Степень трещиноватости различна для различных пород, а также и для одной и той же породы в разных условиях, что создает некоторую неравномерность в распределении родников. На трещиноватых участках создаются группы сосредоточенных выходов воды.

Крупные родники приурочены к крупным дислокационным трещинам.

Водоносные горизонты отсутствуют. Существуют только незначительные обводненные зоны; ввиду сильной пересеченности рельефа области питания, циркуляции и дренажа подземных вод небольшие и обычно совпадают. Последнее вызывает непродолжительность циркуляции подземных вод, что, в свою очередь, приводит к зависимости дебита родников от количества выпадающих осадков. Неравномерность выпадающих осадков создает некоторую неравномерность дебита родников.

Первым покровным образованием, принимающим атмосферные осадки, являются делювий. Делювий состоит из обломочного материала. Мощность и глинистость его увеличивается от вершин к подножью. Делювий сильно обводнен, так как в районе выпадает много осадков. Подножья склонов, где в делювиальных отложениях преобладает глинистый материал, зачастую бывают сильно заболочены. Почти все родники, за редким исключением, выходят из делювия.

Вдоль месторождения протекает р. Мармарик. В нее впадают в районе месторождения три многодебитных ручья — Намазолян, Дамир-Магара и Ятам-дзор, образующие глубокие ущелья и ряд мелких, пересыхающих летом и более постоянных ручьев, образующих небольшие овраги.

В делювии, покрывающем интрузию кварцевых диоритов, было зарегистрировано несколько небольших родников с незначительным дебитом и низкой температурой. Всего нами зарегистрировано 25 родников. Три родника с небольшим дебитом выходят по левому берегу р. Мармарик. Из них два родника выходят у подножья склона, один вверху в

кварцевых диоритах. По правому берегу р. Мармарик, в массиве кварцевых диоритов (гора Ортулю) всего зарегистрировано 12 родников, из них 6 родников выходят на контакте с лавами.

В ущельях Дамир-Магара и Намазелян нами зарегистрировано также несколько родников.

В ущелье Ятам-дзор в районе развития кварцевых диоритов зарегистрированы два родника.

Родники почти однотипны. Дебит колеблется от 0,1 до 0,6 л/сек, два родника имеют дебит порядка 0,05—0,07 л/сек, один 1,8 л/сек и один 6,6 л/сек. Родники холодные. Одна группа родников имеет температуру 4—6°C, другая группа 9—12°C. Температура уменьшается с увеличением гипсометрической высоты расположения источника.

Непосредственно в районе месторождения и вблизи его выходит группа минеральных источников. Всего источников насчитывалось до 30, общий дебит ~9 л/сек, максимальная температура 24,8°C.

В настоящее время неглубоким бурением (до 60 м) ряда разведочных скважин общий дебит минеральной воды увеличен до нескольких десятков литров в секунду, температура повысилась до 35°C. Бурением коренной приток минеральной воды разобщен от пресной.

Минеральная вода приурочена к Мисханскому разлому и к сопряженным с ним мелким нарушениям.

Трещинные пресные воды, циркулирующие в массиве кварцевых диоритов, пересекаются штольнями и буровыми скважинами.

В разведочных выработках, пройденных в окисленной зоне месторождения, выше уровня грунтовых вод приток воды очень незначителен. Штольни, расположенные ниже уровня грунтовых вод, обводнены сильнее. Из штолен поступает вода с дебитом от 0,02 л/сек. до 2,5 л/сек. (по отдельным штольням).

Поступление воды в выработки идет за счет капеза, зачастую интенсивного. Капез связан с трещиноватостью пород. Концентрированные выходы наблюдаются редко и приурочены к тектоническим трещинам.

Циркуляция вод, происходящая только по трещинам, связана исключительно с трещиноватостью пород.

Интенсивность водопритока в штольни заметно колеблется в зависимости от атмосферных осадков, выпадающих в районе. Водоприток распределяется неравномерно. Наблюдаются в штольнях совершенно сухие участки, причем сухие участки преобладают. Капези сосредоточены на отдельных водоносных участках.

Мисханский разлом водоносен. Во всех штольнях при входе в зону Мисханского разлома появляется сильный приток воды и углекислого газа, мешающий дальнейшей проходке.

#### 4. Химизм вод

Воды Анкаванского месторождения относятся, в основном, к гидрокарбонатно-кальциевым водам небольшой минерализации и обнаруживают большое сходство химического состава. В редких пробах в составе анионов преобладает  $\text{SO}_4^{''}$  и в составе катионов  $\text{Na}$  (фиг. 15 а, б, в). Идентичность состава вод говорит о взаимной связи и о поверхностном питании рудничных вод.

Минерализация *поверхностных вод* небольшая и числовые значения ее колеблются в пределах от 78 до 228 мг/литр. Ручьи, текущие в оврагах ущелья Дамир-Магара и впадающие в ручей Дамир-Магара, минерализованы более (200—228 мг/л), чем остальные ручьи (78—164 мг/л).

В составе катионов преобладает кальций, его содержится от 10% до 47%. Натрий составляет от 0,8 до 16%, магний от 7% до 20%. В воде р. Мармарик магний отсутствует и очень незначительно содержание натрия. Железо содержится от 0,2 до 1,6 мг/литр, причем наименьшее его количество содержится в ручьях ущелья Дамир-Магара, от 0,2 до 0,4 мг/л, тогда как в других ручьях района его содержится от 1,2 до 1,6 мг/литр.

В составе анионов в водах ручьев, связанных с ущельем Дамир-Магара, ион  $\text{SO}_4$  (23—29%), незначительно преобладает над ионом  $\text{HCO}_3$  (18—24%), при очень небольшом содержании хлора (2—7%). В воде остальных ручьев района содержание иона  $\text{HCO}_3$  (30—44%) значительно преобладает над содержанием иона  $\text{SO}_4$  (2—12%) и хлора (3—7%). В воде р. Мармарик ион  $\text{SO}_4$  отсутствует. Небольшое содержание его (64—87 мг/л) в ручьях связано с ущельем Дамир-Магара.

Молибден присутствует в воде Дамир-Магаринских ручьев в количестве от 0,3 до 0,4 мг/л (в трех пробах 0,01—0,07 мг/л), тогда как в воде остальных ручьев района содержится от следов и до 0,02 мг/литр. Таким образом, среди поверхностных вод по своему химическому составу выделяются воды ручьев ущелья Дамир-Магара. Большая минерализация, преобладание сульфатов и повышенное содержание молибдена говорят о наличии оруденения в ущелье Дамир-Магара.

Химический состав поверхностных вод Анкаванского медно-молибденового месторождения подтверждает прямую связь между содержанием в водах сульфатов и молибдена. В водах, где отсутствуют сульфаты, отсутствует и молибден; в водах с содержанием сульфатов до 20%, молибден также отсутствует или присутствует в следах; в водах, где сульфатов содержится больше 20%, молибден присутствует в сотых и десятых долях мг.

С удалением от месторождения молибден в поверхностных водах быстро убывает. Так у главного участка в речной воде Мармарик молибден присутствует в количестве 0,029 мг/литр, через 200 мт убывает до 0,015 мг/л, а через 0,5 км совершенно исчезает.

Общая минерализация *родниковых вод*, связанных с кварцевыми диоритами, очень небольшая (63—280 мг/литр). В составе катионов, в основном, преобладает кальций (23—36%), здесь натрия содержится

незначительное количество (1—15%). В нескольких пробах преобладает натрий (23—44%). Магния содержится от следов и до 16%, железа от следов и до 8 мг/литров.

В составе анионов во всех пробах преобладающим является ион  $\text{HCO}_3$  (24—46%), ион  $\text{SO}_4$  составляет от 0 до 21,4%.

В родниках, находящихся вне района месторождения, молибден отсутствует; в пробах, взятых в районе ущелья Дамир-Магара, присутствует в количестве 0,02 и 0,5 мг/литр. В родничке в районе главного участка присутствует в количестве 0,8 мг/литр.

*Рудничные воды* минерализованы значительно больше, чем родниковые и поверхностные. Общая минерализация колеблется в пределах от 140 до 550 мг/литр. Воды, вытекающие из заваленных штолен в районе окисленной зоны месторождения, обладают большей минерализацией, что вполне закономерно, так как эти штольни заложены в активно растворяющейся зоне.

В составе катионов преобладающими компонентами являются в одной группе проб кальций (19—41%), в другой группе проб натрий (19—35%), в составе анионов ион  $\text{HCO}_3$  (26—43%). Железа содержится в водах от 0,4 до 1 мг/литр. Иона  $\text{MoO}_4$  содержится от 0,1 до 5,9 мг/литр. Наибольшее содержание (5,9 мг/л) определено в воде, вытекающей из заваленной штольни на главном участке.

Воды нейтральные,  $\text{pH}=7,1—7,8$ . Поэтому и количество растворенных металлов очень невелико. По данным спектрального анализа в водах присутствует Al, Mn, Ti, Mo, Cu, Ag.

Минеральные воды, выходящие в районе сел. Анкаван и по обоим берегам ущелья р. Мармарик, гидрокарбонатно-хлоридные, натриево-кальциевые с общей минерализацией 3,4—4,8 мг/литр. Минеральные воды, вскрытые буровыми скважинами, гидрокарбонатно-хлоридные, натриевые, являются аналогами эссентукского нарзана. Общая минерализация их от 3,4 до 6,0 мг/литр. Анализом 5 проб вод минеральных источников установлено, что в двух пробах молибден совершенно отсутствует, в одной содержатся следы, в одной 0,007 мг/литр и в одной 0,02 мг/литр (последние источники связаны с медно-молибденовым месторождением).

В минеральной воде, вскрытой буровыми скважинами, молибден не обнаружен.

Таким образом: 1. воды Анкаванского месторождения по своему химическому составу однотипны и, таким образом, очевидно, взаимосвязаны. Минерализация рудничных вод значительно выше минерализации родниковых и поверхностных вод, что говорит о более длительной циркуляции их в породах и выщелачивании последних; 2. рудничные воды месторождения нейтральные, содержание металлов в них очень незначительно; 3. среди вод района по своему химическому составу выделяются воды, связанные с медно-молибденовым месторождением (воды ущелья р. Дамир-Магара). Типичным для этих вод является повышенная (по сравнению с другими водами района) минерализация, а также повышен-

ное процентное содержание сульфатов и повышенное содержание (опять-таки сравнительное) молибдена. Железа в этих водах, наоборот, содержится значительно меньше. Вопрос о соотношении в водах молибдена и железа очень интересен и требует своего разрешения; 4. в основном, воды по своему химическому составу гидрокарбонатно-кальциевые, небольшой минерализации. Последнее вызвано сравнительно непродолжительной циркуляцией, обусловленной расчлененностью рельефа, а также обилием атмосферной влаги и осадков.

## V. МИГРАЦИЯ МОЛИБДЕНА И ПОЧВЕННО-ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

### 1. Общая химическая характеристика молибдена и условий реакций

При изучении вопросов миграции молибдена существенную роль играет выяснение условий реакций.

Молибден в химических соединениях от 2- до 6- валентен, причем с валентностью от двух до пяти молибден входит в ангидрид оснований, а шестивалентный имеет кислотный характер. Молибден легко образует сульфиды, при действии кислорода воздуха и воды легко окисляется. Трехокись молибдена ( $\text{MoO}_3$ ) и четырехокись молибдена ( $\text{MoO}_4$ ) и их гидраты растворяются в воде. Молибденовая кислота реагирует в растворе, образуя различные соли.

В природе и лаборатории известно очень мало устойчивых соединений молибдена. Таким образом, и минералов молибдена существует очень мало.

Сульфид молибдена ( $\text{MoS}_2$ )—минерал молибденит, устойчивое соединение. Супергенные минералы—повеллит ( $\text{CaMoO}_4$ ), вульфенит ( $\text{PbMoO}_4$ ), ферримолибдит ( $\text{Fe}_3\text{O}_3 \cdot 3\text{MoO}_3 \cdot 7\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ), ильземанит ( $\text{Mo}_2\text{O}_5$ ) эозит (вольфрамо - молибденовый свинец), патераит ( $\text{CoMoO}_4$ ), кехлинит ( $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{MoO}_3$ ), комозит ( $\text{Cu, Fe, Mo, Sn}_4$ ), ( $\text{S, As, Te, Sb}_3-4$ ). Среди них распространены вульфенит в зоне окисления полиметаллических месторождений, ферримолибдит и повеллит в зоне окисления медно-молибденовых месторождений. Остальные минералы встречаются в незначительном количестве.

Молибденит достаточно устойчив к процессам окисления. Однако при продолжительном действии кислорода воздуха и воды он изменяется, возникает сернокисло-молибденовый комплекс  $\text{MoO}_2 \cdot \text{SO}_4$  и серная кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$  по следующей реакции:  $\text{MoS}_2 + 9\text{O} + \text{H}_2\text{O} = \text{MoO}_2 \cdot \text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$  (уравнение Dittler'a). Возникает и молибденовая кислота  $\text{H}_2\text{MoO}_4$ . Оба эти соединения молибдена легко растворимы в воде и устойчивы при отсутствии восстановительной среды. В результате взаимодействия этих растворов с солями окисного железа из раствора выпадает ферримолибдит, в результате взаимодействия с солями кальция — повеллит. Первый характерен для кислых, второй для нейтральных растворов. Оставшаяся часть воднорастворимых соединений молибдена выносится водами за пределы месторождения.

По Ф. В. Чухрову (44) существенными факторами, влияющими на вынос молибдена, являются: 1. степень кислотности растворов; 2. наличие нейтрализаторов; 3. количество выпадающих осадков; 4. продолжительность континентального существования района месторождения; 5. тип оруденения.

Поведение отдельных элементов в земной коре, их миграция зависит от физико-химических условий, в которых элемент мигрирует. Большое значение имеет такой физико-химический фактор, как величина рН раствора.

Степень кислотности раствора зависит от количества пирита в рудах. Чем больше пирита в рудах, тем больше кислотность циркулирующих растворов и тем больше молибдена удерживается в растворах. Молибден обладает сравнительно широким диапазоном значений рН, в пределах которого проявляет большую миграционную способность. При рН раствора от 2 до 8 молибден остается в растворе, содержание его соответственно уменьшается при увеличении значений рН.

Сильными нейтрализаторами в природе являются карбонатные породы и карбонатные минералы, входящие в состав пород, а также растворенный в циркулирующих водах бикарбонат кальция. Присутствие большого количества нейтрализатора сводит на нет явления выщелачивания, и молибденит заменяется повеллитом.

Количество выпадающих осадков влияет на водоносность пород и чем больше воды циркулирует в породах, тем больше привносится нейтрализаторов (бикарбонат кальция) и тем менее интенсивно протекают процессы выщелачивания молибдена.

Длительность континентального существования участков отражается на характере рельефа района, а последний влияет на интенсивность процессов эрозии, которые при сильно расчлененном рельефе могут опережать процессы окисления и выщелачивания.

## 2. Поведение молибдена в зоне окисления

Поведение молибдена в окисленной зоне месторождений до сих пор еще является слабо освещенным процессом. Этому способствует отсутствие в изученных месторождениях хорошо выраженных зон окисления.

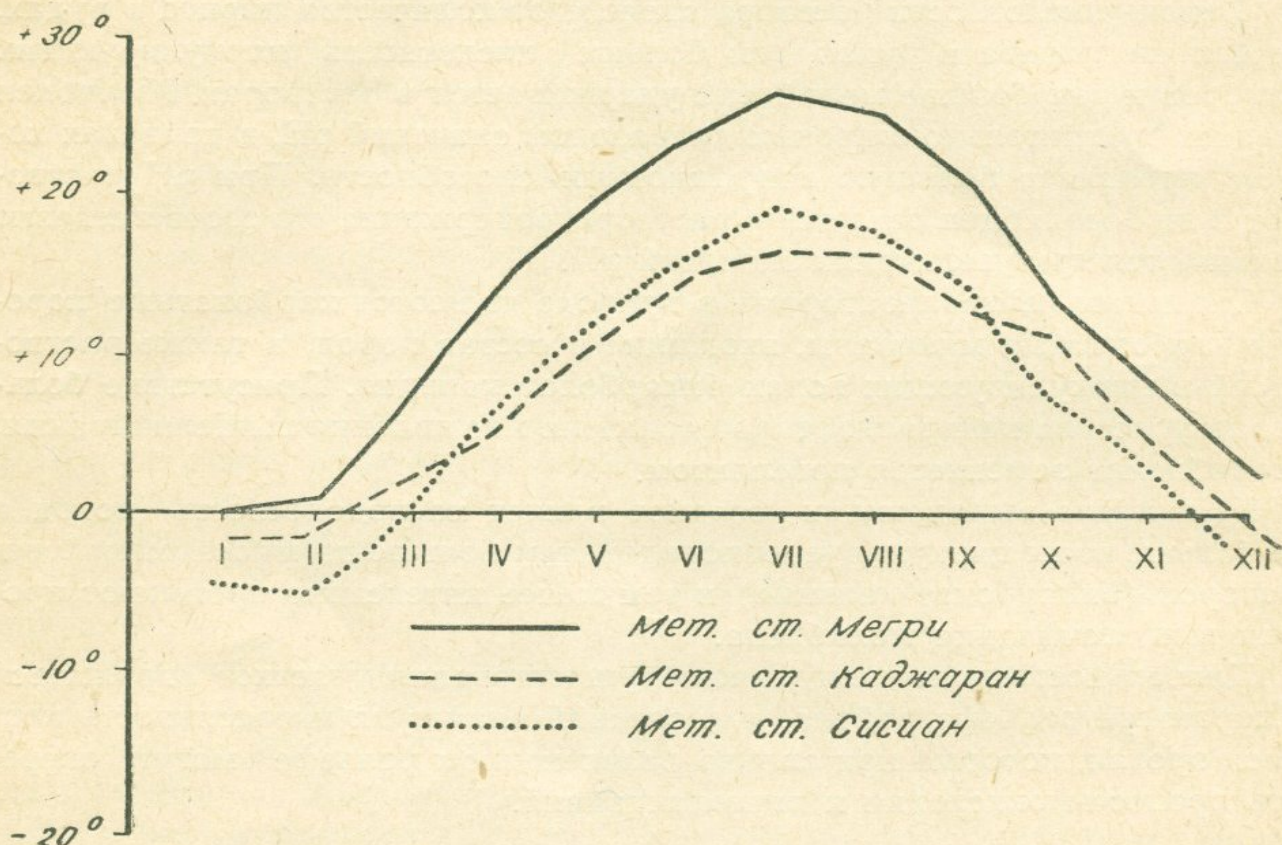
Характер развития зоны окисления, выщелачивания и выноса молибдена зависит от ряда факторов, как-то: физико-географические условия района месторождения, особенности морфологии рудных тел, характер оруденения, характер циркуляции и режим вод и многое другое.

Одним из решающих факторов являются физико-географические условия района месторождения, среди которых главенствующую роль играют рельеф и количество выпадаемых осадков.

Медно-молибденовые месторождения Армении имеют третичный возраст и находятся в зоне молодого рельефа с продолжающейся сильной эрозией, что неблагоприятно для накопления окисленного материала.

Хотя изученные месторождения находятся в более или менее аналогичных условиях, все же небольшая разница уже играет существенную роль. Из сравнения температурных условий районов отдельных месторождений (табл. 4 и фиг. 7) отмечается сходство таковых в Дастакерте (среднегодовая температура  $6^{\circ},4$  и Каджаране среднегодовая  $7^{\circ}3$ ). Район Агарака характеризуется более высокой температурой среднегодовой ( $13^{\circ},6\text{C}$ ) и по месяцам.

График изменения среднемесячной температуры воздуха.



Фиг. 7.

Из сравнения количества выпадающих осадков в районах отдельных месторождений (табл. 5 и фиг. 8) бросается в глаза сравнительная бедность таковыми Агарака. Соответственно в водах Агарака молибдена содержится больше, т. е. вынос его больше, благодаря меньшему притоку нейтрализующих растворов-гидрокарбонатных вод.

В остальных районах обилие осадков увеличивает циркуляцию вод и тем большее количество бикарбоната притекает к окисляющемуся рудному телу, нейтрализуя образующиеся серную и молибденовую кислоту и разрушая сернокисло-молибденовый комплекс. Поэтому выщелачивание молибденита в этих районах протекает менее интенсивно.

Влияние рельефа на трех месторождениях, расположенных в южной части Армянской ССР, одинаково. Благодаря крутому рельефу быстро протекающие процессы эрозии опережают процессы окисления и выщелачивания, смывая весь поверхностный материал. Зона окисления почти отсутствует.

Таблица 4

## Сравнительная таблица средней температуры воздуха

Наименование метеорологических станций	Период наблюдений	Месяцы												За год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Каджаран	1944—1948	-1,7	-1,2	1,7	5,0	10,1	14,2	16,4	16,0	13,0	10,4	4,4	-0,7	7,3
Сисиан (станция ближайшая к Дастакерту)	1947—1951	-4,9	-5,3	0,4	5,8	11,4	15,3	18,5	17,4	13,6	6,9	2,1	-3,6	6,4
Мегри (станция, ближайшая к Агараку).	1948—1951	0,2	0,9	0,9	14,0	19,4	23,6	26,6	25,5	20,7	13,3	8,5	3,2	13,6

Таблица 5

## Сравнительная таблица суммы осадков

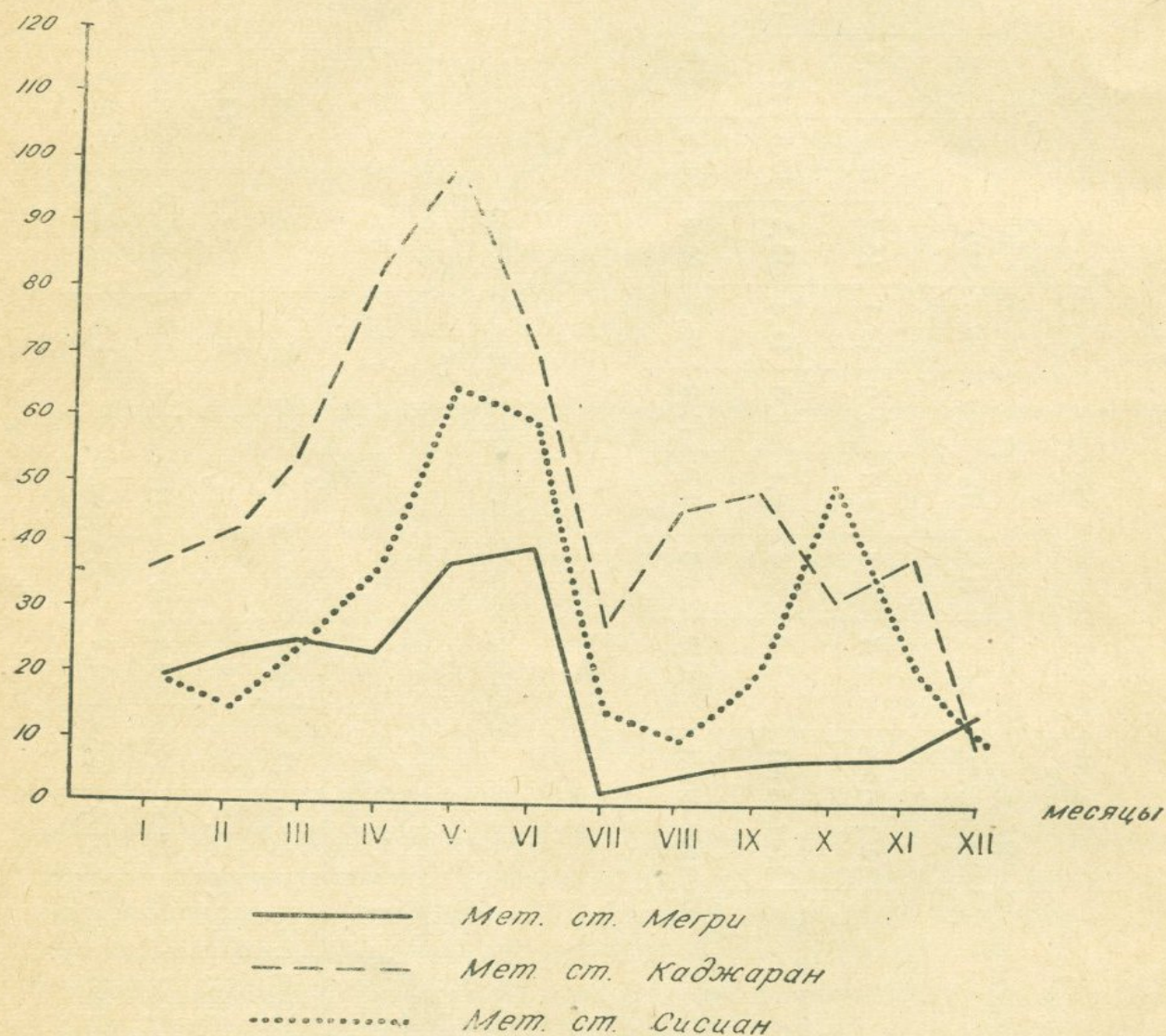
Наименование метеорологических станций	Период наблюдений	Месяцы												За год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Каджаран	1944—1948	37	43,0	56,0	83,0	100	70	27	46	49	32	40	10	597
Дастакерт	1950—1951	92,3	32,3	39,3	2,5	—	126,2	5,5	16,7	15,0	50,6	—	5,5	—
Анкаван	1948—1951	54,3	56,8	15,8	82,3	108,2	117,9	42,9	36,0	69,8	113,6	31,4	41,3	770,3
Агарак	1948—1951	19,6	23,3	25,4	23,9	37,8	40,0	1,9	4,9	6,5	38,4	7,5	13,7	242,9

На Анкаванском месторождении зона окисления выражена хорошо, так как рельеф менее крут и процессы эрозии протекают не столь быстро и интенсивно.

Большую роль в образовании окисленной зоны месторождения играет характер оруденения и характер циркуляции вод. В этом отношении все четыре месторождения находятся в одинаковых условиях, неблагоприятных для образования зоны окисления. Во всех месторождениях

График изменения количества осадков по месяцам.

*осадки в мм*



Фиг. 8.

преобладает рассеянный прожилково-вкрапленный тип оруденения, когда доступ окисляющих агентов к рудным элементам затруднен, и имеет место трещинный тип циркуляции вод, когда вода пропитывает не все рудное тело, а движется по определенным путям и зонам.

Общепринято представление, что молибденит принадлежит к группе сульфидов, сравнительно медленно разлагающихся в условиях зоны

окисления. Наши наблюдения показали, что он подвергается сравнительно интенсивному выщелачиванию.

Согласно данным Н. А. Акопян (1) мы имеем следующие сведения о минералогии продуктов окисления молибденита и их распределении по месторождениям. Гипергенные минералы молибдена во всех случаях немногочисленны и представлены очень незначительно.

На центральном участке Каджаранского месторождения развит только повеллит замещения в виде псевдоморфоз по первичному молибдениту, замещая его в кварцевых жилках. Повеллит отложения, возникающий в результате выделения молибдата кальция из растворов, на Каджаранском месторождении не обнаружен. Очевидно, циркулирующие гидрокарбонатно-кальциевые воды не являются достаточно сильными нейтрализаторами, в результате чего не происходит выпадания из раствора повеллита, а молибден в виде трехокиси и четырехокиси и их гидратов мигрирует, переотлагается. Данные Н. А. Акопян (1) подтверждают рассеяние и выщелачивание молибдена из зоны окисления. Зачастую повеллит в кварцевых жилках в дальнейшем выщелачивается. В проведенном Н. А. Акопян (1) спектроскопическом анализе различных минералов из зоны окисления обращает на себя внимание постоянное присутствие в них молибдена в нижеследующих количествах, как-то: лампадит — слаб., стильпносидерит — слаб., фиброферрит — слаб., брошантит — следы, ярозит — слаб., повеллит (белый) — сильн., повеллит (зеленый) — в ср., малахит — оч. слаб., галлуазит — слаб., ярко-желтая охра — оч. слаб., светло-желтая охра — оч. слаб., буровато-красный турьит — средн., желтая охра — ср., турьит — слаб., неизмен. хризокolla — следы, бурый железняк — слаб., буровато-красная рыхлая охра — слаб.

Таким образом, молибден при своей миграции переотлагается и входит в виде примеси в состав самых разнообразных минералов. По данным Эйгельса и Подкосова, в Каджаране основная часть окисленного молибдена представлена молибден-содержащим лимонитом. Вероятно, здесь имели место или адсорбция молибдена лимонитом из растворов или совместное осаждение молибдена и железа при нейтрализации растворов.

В ряде пунктов Каджаранского месторождения Н. А. Акопян (1) наблюдала пустотки в массе жильного кварца, образовавшиеся в результате выщелачивания молибденита. Неполное выщелачивание объясняется нейтрализующим действием монцонитов и интенсивностью эрозии, сносящей измененные продукты зоны окисления и выщелачивания.

На Агаракском месторождении по данным Н. А. Акопян (1) из окисленных минералов молибдена фиксируется только ферримолибдит. Обнаружен он в ряде мест центрального и северного участков в поверхностных условиях, в небольшом количестве в виде примазок и незначительных скоплений на зернах молибденита, вдоль пустоток в кварцевых жилах. Для образования ферримолибдита характерны более кислые растворы. Сиенито-граниты и гранодиорит-порфиры Агарака являются инерт-

ной средой и в противоположность каджаранским монцонитам (полуактивная среда) не оказывают нейтрализующего действия на растворы. Воды Агарака более сульфатные, зачастую более кислые, чем воды Каджарана. Так же, как и на Каджаранском месторождении и в Агараке молибден рассеивается и входит в ряд немolibденовых минералов зоны окисления. По данным Н. А. Акопян (1) в результате химико-спектроскопического анализа обнаружено содержание молибдена в лампадите — ср. и сл., бледите — слаб., халькантите — следы, галлуазите — следы, стильносидерите — ср., ярозите — сл. и слаб.

На Дастакертском месторождении выходы интенсивного оруденения приурочены к ущелью реки, которая в паводковый период уносит весь измененный разрушенный материал. Как и на других месторождениях, данные химико-спектроскопического анализа (1) говорят о рассеянии молибдена в зоне окисления. Молибден и здесь присутствует в минералах, макроскопически его не содержащих, как например, в малахите и аллофане его содержится  $1 \cdot 10^{-2}$ — $1 \cdot 10^{-3}$ .

На Анкаванском месторождении молибден также присутствует в окисленных минералах: в медно-марганцевой руде — 0,01%—0,1%, лимоните — 0,01, скородите — 0,0X% и ярозите — 0,0X%.

Водные растворы выносят на дневную поверхность довольно значительное количество молибдена. Нами сделана попытка дать количественную характеристику этого явления.

По Каджаранскому (1950 год), Дастакертскому (1951 год), Агаракскому (1952 год) и Анкаванскому (1956 год) месторождениям был учтен объем воды, поступающей из отдельных выработок и содержание в них молибдена. Таким образом, суточный вынос металлического молибдена на дневную поверхность равняется по Каджаранскому месторождению  $\approx 1957$  гр., что составляет в год  $\approx 573$  кг (при суточном дебите воды 554 тыс. литров), по Дастакертскому месторождению  $\approx 430$  гр., что составляет в год  $\approx 157$  кг (при суточном дебите воды 704 тыс. литров), по Агаракскому месторождению  $\approx 240$  гр, что составляет в год  $\approx 88$  кг (при суточном дебите воды 432 тыс. литров) и по Анкаванскому месторождению  $\approx 396$  гр, что составляет в год  $\approx 144$  кг (при суточном дебите воды 577 тыс. литров). Понятно, что столь значительное количество металлического молибдена, вступающего в круговорот, заражает наносные образования и циркулирующие в них воды, иногда непосредственно не связанные с рудоносными породами.

Конечно, с разработкой месторождения зараженность района молибденом заметно увеличивается, но она существует и до его вскрытия. Вода, подаваемая в настоящее время штольнями, прежде до вскрытия месторождения поступала по другим путям, о чем говорит исчезновение на м-ниях с проходкой штолен на дренированной площади многих прежде существовавших родничков. На левом берегу р. Охчи родники выдвигаемого нами перспективного участка (см. ниже), еще не вскрытого штольнями, выносят в год  $\approx 46$  кг металлического молибдена.

### 3. Ореолы рассеяния молибдена

Известно существование над месторождениями полезных ископаемых локальной зоны, так называемых, ореолов рассеяния, прилегающих к залежи полезного ископаемого.

Изученные нами месторождения, расположенные в областях развития молодого рельефа, подвержены механическому разрушению, переносу, распаду и миграции отдельных элементов. Процесс иногда сопровождается вторичной концентрацией полезного ископаемого, но в основном направлен в сторону рассеяния.

Элюво-делювиальные отложения, покрывающие месторождения, являются продуктом разрушения рудовмещающих пород и, понятно, уже должны содержать в каком-то количестве молибден. Эти отложения сносятся вниз по склону, заражая аллювиальные отложения рек и ручьев. Молибден образуется в ореолах и потоках рассеяния также за счет осаждения из трещинных вод, выносящих продукты окисления и выщелачивания молибденита в виде растворов на дневную поверхность. Воды, циркулирующие в наносных образованиях, снова растворяют молибден и несут его в реки и ручьи. Грунтовые воды получают молибден и ввиду подпитывания их трещинными водами, взаимной связи с ними.

Сведения о распространении молибдена в почвах скудны. По данным А. П. Виноградова и Х. Г. Виноградовой (2) содержание молибдена в почвах Русской равнины колеблется от  $1,5 \cdot 10^{-4}\%$  до  $1,2 \cdot 10^{-3}\%$  и в среднем составляет  $2,6 \cdot 10^{-4}\%$  т. е. близко к среднему содержанию молибдена в массивных горных породах ( $2 \cdot 10^{-4}\%$ ). По их данным, более обогащен молибденом верхний слой почвы. Видимо, молибден извлекается корнями растений из нижележащих горизонтов и перемещается в верхний, где накапливается вместе с гумусом. Наши данные по этому вопросу противоречивы.

Работами Н. И. Тихомирова и С. Д. Миллера (31) установлены абсолютные значения концентраций молибдена в почве в пределах ореолов рассеяния Восточно-Коунрадского вольфрамо-молибденового месторождения, определяющиеся величинами от тысячных до десятых долей процента и, в единичных случаях, и более одного процента. Ими же (31) установлено довольно равномерное распределение концентраций молибдена в соответствующих участках поверхностного слоя элюво-делювиальных отложений.

В условиях Армении на изученных нами месторождениях с резко расчлененным рельефом, ореол рассеяния отдельных участков месторождения локализуется в пределах отдельных орографических единиц со своим гидрогеологическим режимом. Отсюда условия наблюдений ореолов рассеяния весьма благоприятны.

Рядом работ установлено заражение молибденом не только почв района месторождения, но даже растительности. Известны многочисленные наблюдения над биохимической ролью молибдена. По данным А. П. Виноградова и Х. Г. Виноградовой (4) с повышением содержания мо-

либдена в почвах клубеньковые растения, клевер и др., в своих клубеньках и зернах накапливают значительные, по сравнению с другими растениями, количества молибдена. По их же данным (4) с почвами, где содержание молибдена наблюдается до п.  $10^{-3}$  ‰ и растительность заражена молибденом, связано заболевание скота, называемые teartness. Впервые оно обнаружено в местности Сомерсет (Великобритания), где содержание молибдена в почве достигает 0,01 ‰.

Нами на изученных месторождениях с целью установления поисковых критериев для оконтуривания ореолов рассеяния проводилась гидрохимическая съемка. Наряду с изучением химизма рудничных вод изучался химизм вод поверхностных и родниковых. В результате было установлено:

В районе Каджаранского месторождения заражены молибденом воды, циркулирующие в наносных образованиях. Поверхностные водотоки не заражены молибденом. Зараженность вод молибденом ограничивается горой Пирдоудан, не выходя за пределы месторождения, вероятно, в основном, благодаря тому, что гора Пирдоудан имеет самостоятельный гидрогеологический режим. На западе — в источниках, выходящих в массиве порфирированных гранитов, молибден отсутствует. На юге он отсутствует в источниках долины р. Саккар. На севере зараженность молибденом невелика и распространяется до реки Охчи. В выходах аллювиальных вод вдоль течения р. Охчи, у подножья горы Пирдоудан отмечается присутствие молибдена. Молибден присутствует в значительных количествах в родниках левого берега р. Охчи на локализованном участке над поселком Каджаран (фиг. 9).

Содержание молибдена в водах Каджаранского м-ния представлено в табл. 6. В водах минеральных источников, выходящих в районе месторождения, молибден отсутствует.

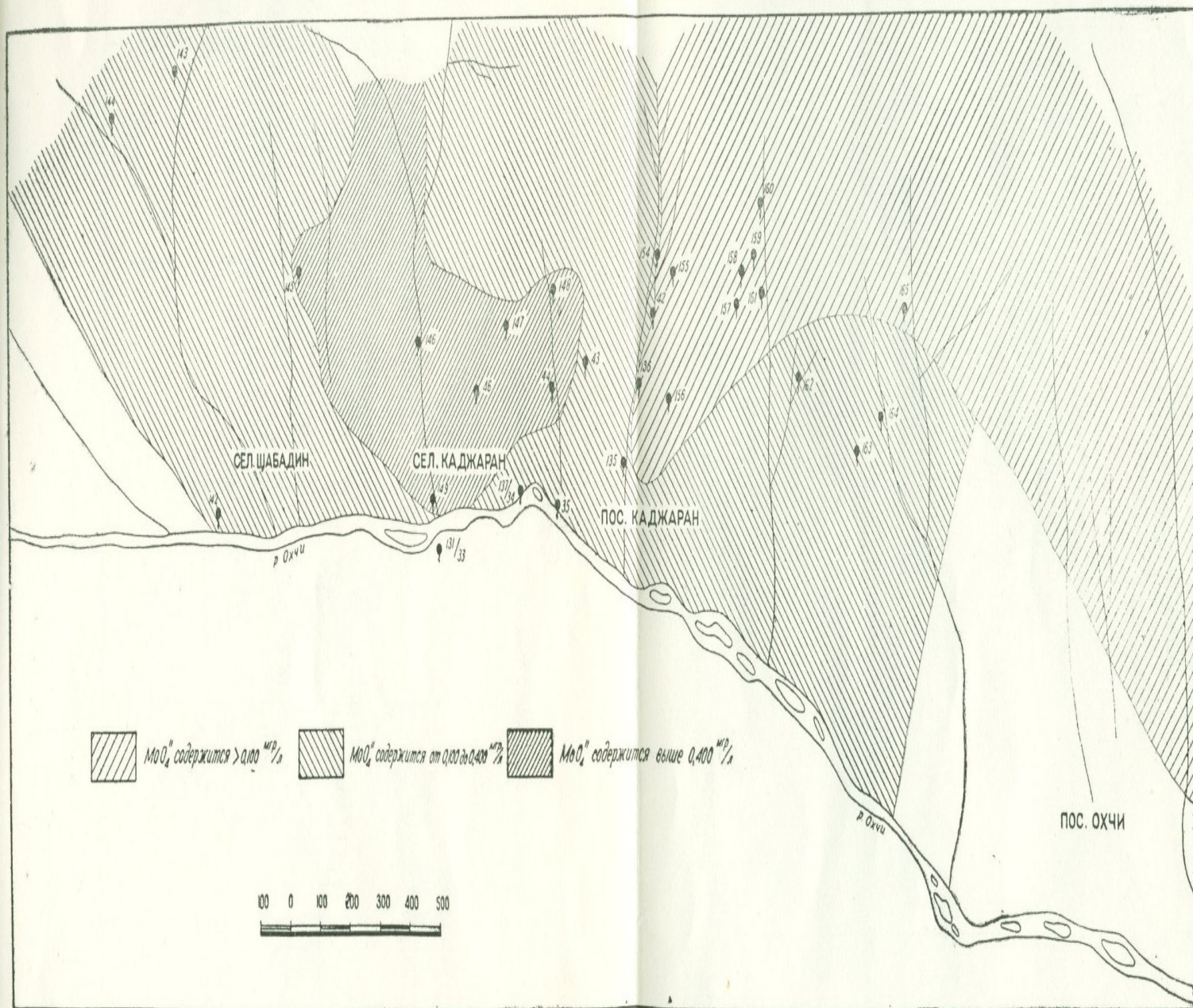
Родники, выходящие на левом берегу р. Охчи над поселком Каджаран (фиг. 9), локализованные на площади  $\approx 0,5$  км<sup>2</sup>, выносят значитель-

Таблица 6

Интервалы содержания молибдена в водах медно-молибденовых месторождений Армянской ССР

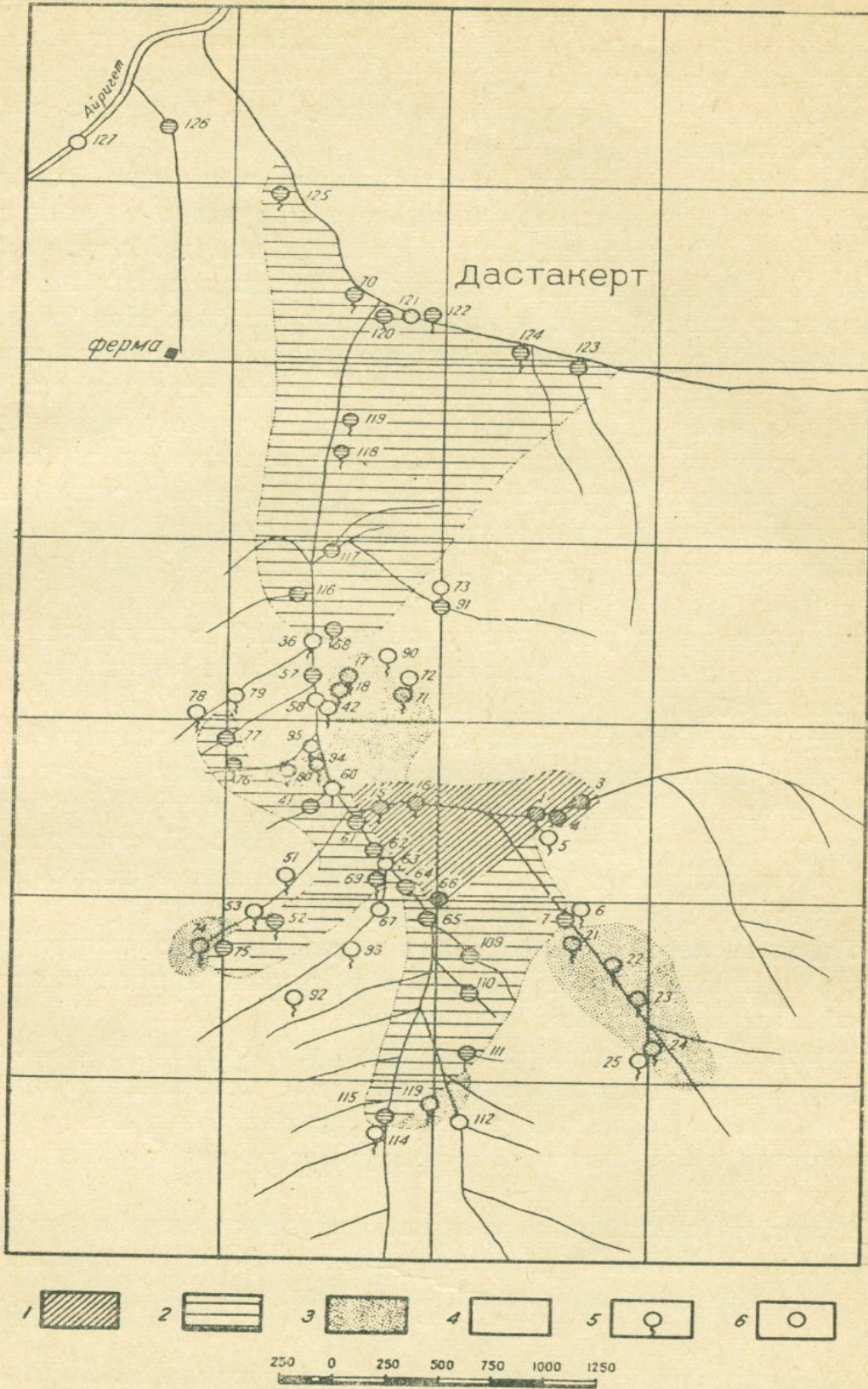
Тип вод Месторождения	Поверхность воды		Грунтовые воды		Рудничные воды		
	Интервалы содержания MoO <sub>4</sub>	Среднее со- держ. MoO <sub>4</sub>	Интервалы содержания MoO <sub>4</sub>	Среднее со- держ. MoO <sub>4</sub>	Интервалы содержания MoO <sub>4</sub>	Среднее со- держ. MoO <sub>4</sub>	Среднее со- держ. MoO <sub>4</sub> для дан. м-ния
Каджаранское	0,001—0,44	0,14	0,01—1,2	0,27	0,1—8,0	2,6	1, 00
Дастакертское	0,001—0,5	0,037	сл. —0,2	0,016	0,07—4,6	1,07	0,37
Агарацкое	0,93 —0,9	0,33	0,03 —1,6	0,32	0,07—2,0	1,0	0,55
Анкаванское	0,01 —0,4	0,18	0,02—0,8	0,44	0,1 —5,9	1,18	0,60
Среднее содержание MoO <sub>4</sub> в дан- ном типе вод	0,001—0,9	0,17	сл. —1,6	0,26	0,07—8,0	1,46	—

Левый берег р. Охчи в районе Каджаранского месторождения. Карта полей равных концентраций молибдена в водах.



Фиг. 9.

Дастакертское месторождение.  
Карта полей равных концентраций молибдена в водах.



Фиг. 10. Содержание  $\text{MoO}_4$ : 1-в десятых и сотых долях мг/литр; 2-в тысячных долях мг/литр; 3-в следах; 4-молибден отсутствует; 5-родники; 6-пробы, взятые из ручьев.

ное количество молибдена, достигающее  $\approx 46$  кг металлического молибдена за год (при суточном дебите воды 312 тысяч литров). Такой вынос обязан самостоятельному источнику питания и не может не явиться показателем существующего на глубине этого участка молибденового оруденения. Оно не имеет связи с другими участками медно-молибденового оруденения и скорее всего указывает на возможность обнаружения такого же месторождения молибдена в монцонитах левого берега р. Охчи над поселком Каджаран.

В районе Дастакертского месторождения молибден содержится во всех водах. Повышенное содержание его обнаружено во всех рудничных водах, а также в поверхностных и грунтовых водах Мегрилинского участка (фиг. 10). В водах минеральных источников, выходящих в районе месторождения, молибден, как правило, отсутствует. Наибольшее содержание молибдена в рудничных водах встречено в штольнях в районе ручья Кошюрт. Вероятно, ввиду большой водоносности участка Кошюрт, обусловленной просачиванием воды из многоводного ручья вглубь пород, процессы окисления и выноса молибдена протекают здесь более интенсивно. Среди поверхностных и грунтовых вод района резко выделяются воды Мегрилинского участка с повышенным содержанием молибдена. Содержание молибдена в водах Дастакертского м-ния представлено в табл. 6.

Полученные нами результаты определений содержания молибдена в водах полностью подтверждаются спектральным анализом сухих остатков этих же проб.

На Агаракском м-нии молибден встречен во всех пробах вод, взятых на м-нии. Молибденом обогащены как рудничные, так и поверхностные и грунтовые воды, причем поверхностные и грунтовые воды в большей степени, чем этот же тип вод Каджаранского, Дастакертского и Мисханского месторождений. Содержание молибдена в водах Агаракского и Анкаванского м-ний представлено в табл. 6.

На Анкаванском месторождении в районе рудоносного ущелья Дамир-Магара молибден присутствует в родниках и поверхностных водах в сравнительно повышенном количестве.

Способность молибдена мигрировать много выше в обычных грунтовых водах, чем в углекислых минеральных источниках, о чем говорит полное отсутствие молибдена или присутствие его в небольшом количестве в воде минеральных источников, выходящих в районах месторождений.

Присутствие молибдена в почвах изучалось путем водной вытяжки из наносов и, таким образом, определялось содержание молибдена только в воднорастворимой части почв (см. ниже).

#### 4. Взаимосвязь отдельных элементов в водах месторождений

Весьма интересным вопросом является связь содержания в воде молибдена с содержанием в ней сульфатов. Такая связь, несомненно, суще-

ствуется, так как тот и другой элемент поступают в раствор в результате процесса окисления сульфидов.

Сульфаты, возникающие в растворе в результате окисления, в основном, пирита увеличивают кислотность раствора, что является благоприятным моментом для выщелачивания молибденита. В результате выщелачивания в раствор попадает сернокислый молибденовый комплекс, в свою очередь увеличивающий содержание в водах сульфатов. Обратный процесс — нейтрализация растворов — идет за счет присутствия в водах бикарбоната кальция. Избыток его приводит к выпаданию молибдена из растворов и образованию минерала повеллита.

На изученных нами месторождениях циркулирующие воды, в основном, гидрокарбонатно-кальциевые, реже сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевые, еще реже гидрокарбонатно-натриевые и смешанные. рН растворов колеблется, в основном, в интервале 7—8, т. е. воды нейтральные.

Несмотря на очень незначительное содержание сульфатов в водах Каджаранского месторождения, такая связь заметна даже в грунтовых водах, циркулирующих в наносных образованиях. Наибольшее содержание сульфатов и наибольшее содержание молибдена приурочено к водам делювиальных отложений левого берега р. Охчи. Наоборот, в водах, циркулирующих в массиве порфировидных гранитов, молибден отсутствует, и очень незначительно содержание  $SO_4^{''}$ . В рудничных водах Каджаранского месторождения существует прямая зависимость между содержанием молибдена и сульфатов.

В грунтовых водах Дастакертского месторождения наибольшее содержание молибдена и соответственно наибольшее содержание сульфатов приурочено к участку ручья Мегрили. Исследованиями на Дастакертском месторождении также во всех типах вод подтверждается прямая связь между содержанием в водах молибдена и сульфат-иона (фиг. 4).

Для вод Агаракского месторождения зависимость между содержанием в них иона  $SO_4$  и молибдена не совсем четкая. Она заметна при разбивке значений на большие интервалы (табл. 7), внутри интервалов зависимости нет.

В водах Анкаванского м-ния наибольшее содержание молибдена и соответственно наибольшее содержание сульфатов в водах приурочено

Т а б л и ц а 7

Связь молибдена и сульфат - иона в водах Агарака

		Среднее содержание $SO_4^{''}$ в мгр/литр	Число анализов			Среднее содержание $MoO_4$ в мгр/литр	Число анализов
Содержание $MoO_4^{''}$	В сотых долях мгр.	128	12	Содержание $SO_4^{''}$ в мгр/литр	0—100	0,4	12
	В десятых долях мгр.	398	16		100—1000	0,61	16
	В целых мгр.	1183	9		00 1000	1,3	9

Внутри интервалов зависимости нет.

Связь содержания кальция и молибдена в водах

Средн. содерж. иона $\text{MoO}_4$	Каджаран		Агарак	
	Среднее значение $\text{MoO}_4$	Число случаев	Среднее значение $\text{MoO}_4$	Число случаев
Интерв. содерж. кальц. в ‰				
0—10‰	1,22	10	3,03	2
10—20‰	0,67	15	1,57	10
20—30‰	0,19	7	1,52	26
30—40‰	0,15	8	0,68	23

к рудоносному участку ущелья р. Дамир-Магара. В других водах района содержание того и другого элемента занижено. Надо отметить также, что сульфатные воды на всех месторождениях являются более минерализованными. В водах существует обратная зависимость между содержанием молибдена и кальция (табл. 8).

С увеличением процентного содержания в водах кальция замечено соответственное уменьшение содержания в водах молибдена. Зависимость не очень четкая, наблюдаются и отступления от нее. Такая же обратная зависимость установлена между содержанием молибдена и железа. Так, на Каджаранском месторождении в водах делювия массива порфировидных гранитов замечается резкое увеличение содержания железа при полном исчезновении молибдена. В грунтовых водах того же месторождения, там где присутствует молибден, железа содержится намного меньше. На Дастакертском месторождении в сульфатных водах Мегрилинского участка с повышенным содержанием молибдена обнаружено соответственно пониженное содержание железа. На рудоносном участке Дамир-Магара, в районе Мисханского м-ния содержание железа в водах занижено.

В районе всех изученных месторождений медь полностью отсутствует в поверхностных и грунтовых водах, присутствуя иногда в рудничных водах в очень незначительном количестве.

Как известно, медь легко окисляется и выщелачивается. Большое развитие на месторождениях окисленных медных минералов говорит о процессах обогащения в зоне окисления медью, а не о выщелачивании меди из нее. Благодаря карбонатному характеру вод медь не удерживается в растворах. В пределах изученных месторождений медь мигрирует слабо. Причиной этому является отсутствие кислых растворов, быстрая нейтрализация образующейся серной кислоты. Данные анализов по Дастакерту и Агарак, где присутствие меди отмечается в незначительном количестве (десятитысячные и тысячные доли мг/л) вызывают сомнение, так как, как известно, медь полностью выпадает из растворов при  $\text{pH} = 5,3$ , а  $\text{pH}$  растворов в Агараке и Дастакерте колеблется в пределах 7—8 (за небольшим исключением). Сульфатные воды Агарака по своему течению отлагают на отдельных участках медную зелень (малахит).

## медно-молибденовых месторождений

Дастакерт		Мисхана		Среднее для всех м-ний	
Среднее значение $\text{MoO}_4$	Число случаев	Среднее значение $\text{MoO}_4$	Число случаев	Среднее значение $\text{MoO}_4$	Число случаев
—	—	—	—	2,12	12
0,33	12	0,33	6	0,72	43
0,39	46	0,15	12	0,56	91
0,26	50	0,33	8	0,35	89

## 5. Почвенно-гидрохимическая съемка на поиски ореолов рассеяния

В практике поисковых работ давно уже применяются методы специальных поисков ореолов рассеяния месторождений полезных ископаемых. К числу таких методов относится наиболее популярный метод шлиховой съемки, который изучает поток рассеяния тяжелых устойчивых минералов. Этот метод хорош для небольшой группы месторождений полезных ископаемых, куда не входят медно-молибденовые месторождения. Для поисков медно-молибденовых, медных, полиметаллических и др. месторождений более эффективен метод изучения потоков рассеяния, но уже не тяжелых металлов, а растворимых соединений, выносимых из месторождений циркулирующими в них водами и таким образом, попадающих в поверхностные водотоки на большой площади. Исследуя гидрографическую сеть района, можно найти место интенсивного заражения вод воднорастворимыми соединениями молибдена.

Молибден присутствует в речной воде в районе месторождения, но быстро убывает с удалением от м-ния. Так, на Анкаванском м-нии у главного участка в речной воде Мармарик молибден присутствует в количестве 0,029 мг/литр, через 200 м убывает до 0,015 мг/л, а через 0,5 км совершенно исчезает.

Проведенными исследованиями была доказана на уже известных месторождениях возможность поисков медно-молибденовых месторождений путем массового изучения вод. Кроме того, были выделены новые перспективные участки в районе Каджаранского и Дастакертского месторождений.

Косвенным поисковым признаком является повышенное содержание в водах иона  $\text{SO}_4$  при пониженном содержании кальция и железа.

Повышенное содержание в водах сульфатов является дополнительным поисковым признаком. Распространение сульфатных вод может быть истолковано, как некоторое отображение рудоносного участка, тем более, что сульфатные воды, как правило, более обогащены молибденом.

Сульфатные воды на всех месторождениях наиболее минерализованы, благодаря чему их распространение может оконтуриваться резистивиметрией, что расширяет круг поисковых методов.

Итак, исходя из положения, что продукты окисления молибденита мигрируют в наносные образования и воды, циркулирующие в наносных образованиях в районе месторождений, содержат обязательно в своем составе молибден, и что ореол рассеяния молибдена невелик и благодаря расчлененности рельефа ограничивается площадью только самого месторождения, имеющего самостоятельный гидрогеологический режим, можно считать доказанным метод поисков молибденовых месторождений путем исследования вод массового химического опробования на молибден всех источников, ручьев и рек на больших площадях, перспективных в отношении молибденового оруденения. Благоприятным условием для подобных поисков является наличие на месторождении окисляющейся зоны, находящейся в стадии активного растворения. В условиях Армении этим поискам будет способствовать расчлененный рельеф, существование отдельных орографических единиц со своим гидрогеологическим режимом и почти всегда имеющее место подпитывание грунтовых вод трещинными водами, их взаимосвязь. Этот метод был опробован на уже известных месторождениях и дал положительные результаты.

Разработанная методика поисков страдает существенным недостатком. Возможности чисто гидрохимического метода ограничены. Площади, где отсутствуют выходы вод, остаются неосвещенными. Однако при ближайшем рассмотрении этот недостаток оказался легко устранимым. В любой точке земной поверхности с этой целью всегда можно заменить выход воды исследованием воднорастворимой части наносных образований, т. е. сделать самую простую водную вытяжку из наносов.

Метод поисков ореолов рассеяния молибденовых месторождений путем изучения почв не нов и давно известен в практике геофизических исследований.

На территории Армянской ССР молибденометрическая съемка методом спектрального анализа проводилась Армянской геофизической экспедицией и дала определенные результаты.

Почвенная съемка методом водных вытяжек, т. е. изучение присутствия молибдена в воднорастворимой части почвы, предложена нами в 1951 г. в районе Дастакертского месторождения. Такая же съемка проведена нами в 1952 г. на Агаракском и Анкаванском месторождениях (профилирование) и в 1953 г. в районе Каджаранского месторождения (левый берег р. Охчи) и Анкаванского месторождения (на площади развития кварцевых диоритов, перспективных в отношении рудоносности). В результате нами был предложен метод поисков месторождений молибдена путем производства в начале широких гидрохимических исследований на больших площадях, а затем детальной почвенно-гидрохимической съемки на выделенных перспективных участках.

В 1951 году над Дастакертским месторождением (над центральным участком) была разбита прямоугольная сетка со стороной квадрата в 100 м и в каждой точке были взяты пробы почвы весом 100 гр. Масштаб топографической основы 1 : 1000. Всего было отобрано 70 проб на

площади 0,25 кв. км. В лаборатории ИГН АН АрмССР были приготовлены водные вытяжки и в них колориметрическим методом определено содержание молибдена.

Молибден обнаружен в воднорастворимой части всех проб почв, взятых на территории месторождения в количестве от  $15 \cdot 10^{-2}$  до  $124 \cdot 10^{-3}$  мг/литр, средн.  $228 \cdot 10^{-3}$  мг/л.

В районе центрального участка Дастакертского месторождения, приуроченного к ущелью р. Кызкошты, почвенный покров распределяется неравномерно. На правом берегу он достигает значительной мощности, местами до 80 мт, тогда как левый берег почти обнажен. Разница в мощности почвенного покрова заметно не отражается на показани-ях съемки.

Выделяются отдельные полосы и участки повышенного содержания молибдена. Намечаются максимумы содержания молибдена в направлении к Кошюртскому участку, что объясняется развитием на этом участке процессов окисления, вызванных водообильностью участка. Наиболее богатый участок месторождения съемкой не выделяется, благодаря отсутствию на этом участке окислительных процессов и развитию процессов эрозии.

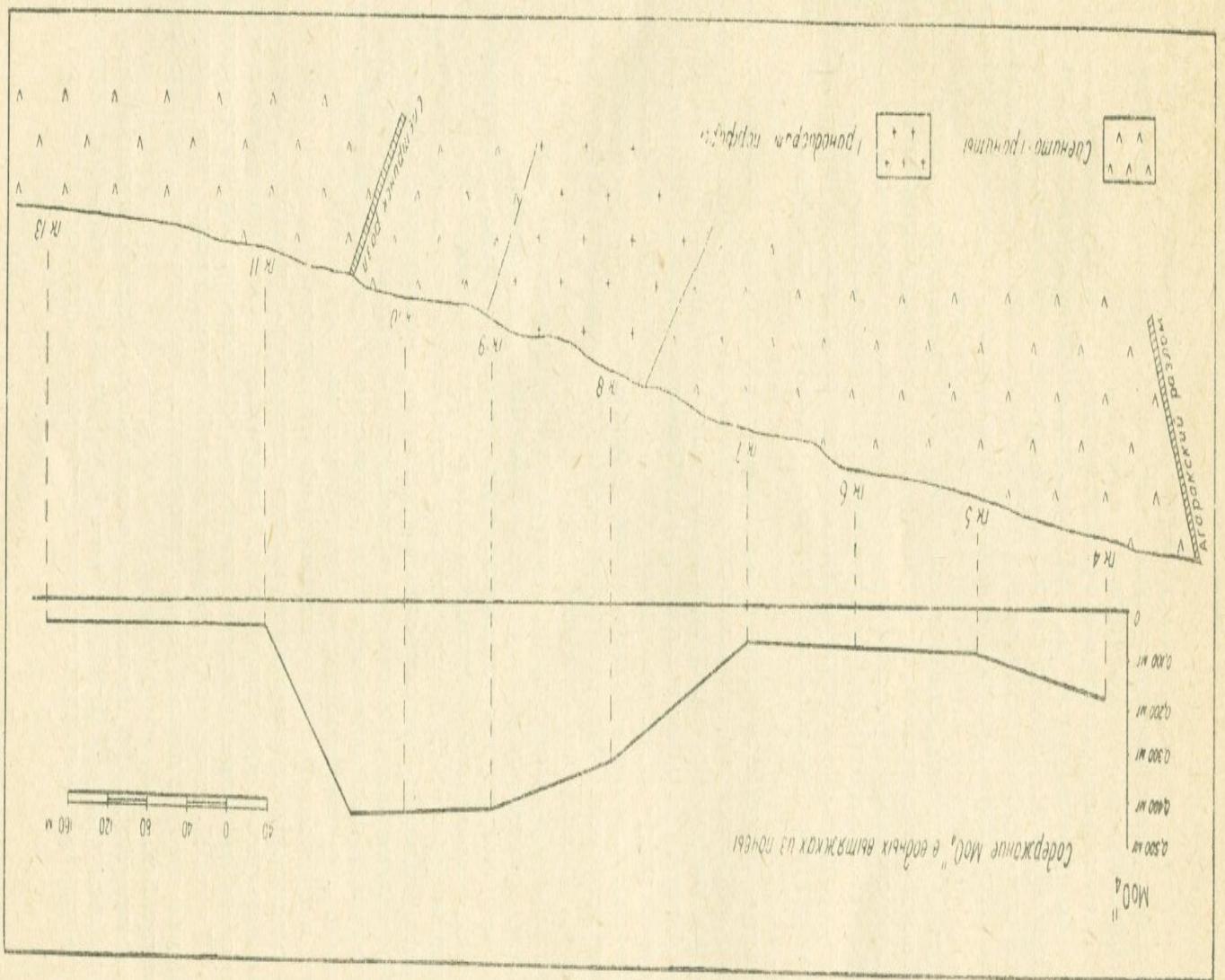
В 1952 году почвенная съемка методом водных вытяжек была проведена на Агаракском месторождении по двум профилям (масштаб 1 : 2000), секущим месторождение вдоль рек Ай-Дараси и Агарак. Обнаженность в районе значительная. Почвенный покров небольшой. По профилю, проведенному вдоль правого берега р. Ай-Дараси, обнаженному с небольшим почвенным покровом, наибольшее содержание молибдена в воднорастворимой части почвы приурочено к наиболее богатому участку месторождения, расположенному в блоке между восточным контактом сиенито-гранитов со штоком гранодиорит-порфира и Спетринским разломом. На запад содержание молибдена постепенно убывает, на востоке ограничено Спетринским разломом (фиг. 11). Таким образом, на Агаракском месторождении имеется полное совпадение результатов съемки с характером оруденения. Здесь надо сделать оговорку, что в Агараке наиболее рудоносная часть месторождения является наиболее нарушенной и трещиноватой и, ввиду водопроницаемости трещин, более водоносной. Здесь более развиты процессы окисления и растворения молибдена, отстающие на этом участке от процессов эрозии, благодаря чему молибден здесь сильнее заражает почвенный покров.

Однако отсюда неправильно делать вывод, что водоносность пород является решающим фактором, определяющим количественное содержание молибдена в почве. Решающим фактором все-таки остается рудоносность пород. Такой же обводненный участок на западе, но не рудоносный, не показывает такой зараженности почвенных образований и выражен весьма слабо.

Содержание молибдена в водных вытяжках из почв в Агараке колеблется в пределах  $15 \cdot 10^{-3}$  —  $1,468 \cdot 10^{-3}$  в среднем  $180 \cdot 10^{-3}$  мг/л.

Почвенно-гидрохимическая съемка, проведенная в 1952 г. на Анка-

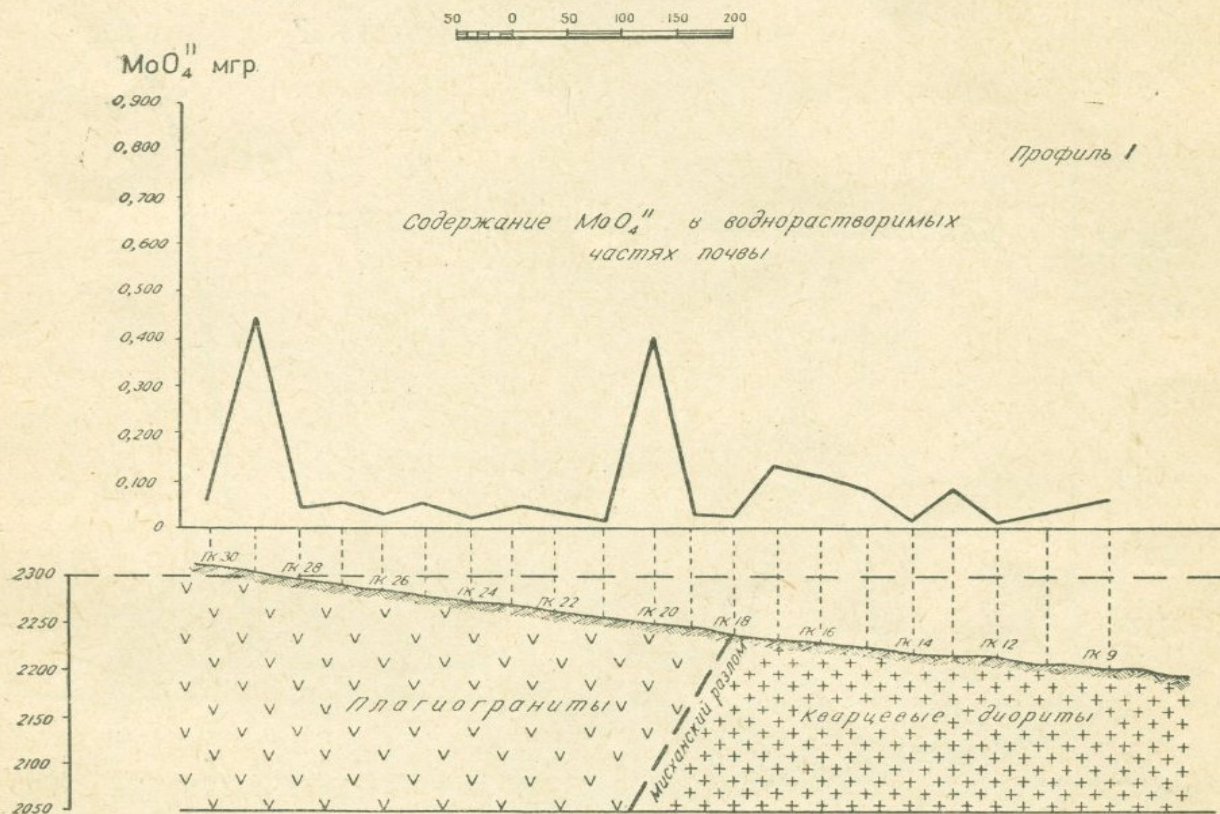
Агаракское месторождение.  
 Поперечный профиль вдоль правого берега р. Ай-Лараси.



Фиг. 11.

ванском месторождении по двум параллельным профилям (масштаб 1:5000), вдоль двух ручьев меридионального направления на участке Дамир-Магара (фиг. 12а, б) дала положительные результаты. Мисханский разлом и участки оруденения, приуроченные к контакту кварцевых диоритов с метаморфической толщей, хорошо фиксируются на поверхности по повышенному содержанию молибдена в водных вытяжках из почвы. Содержание молибдена в водных вытяжках из почв Анкаванского месторождения по данным 1952 г. (участок Дальняя Дамир-Магара) колеблется в пределах от  $5 \cdot 10^{-3}$  до  $881 \cdot 10^{-3}$  мг/л, в среднем 0,127 мг/л.

### Анкаванское месторождение

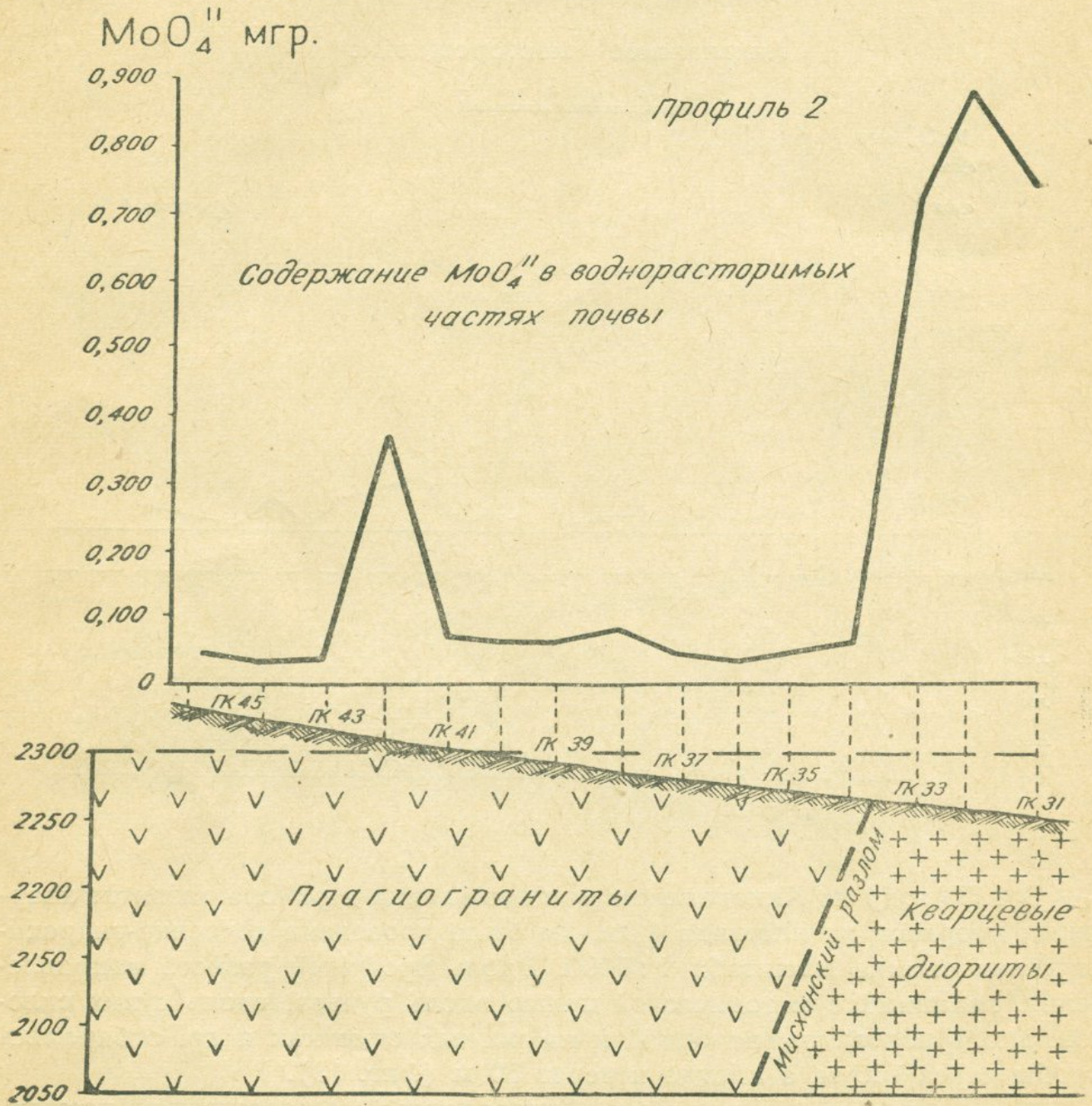


Фиг. 12а

В 1953 году на Анкаванском месторождении в районе развития кварцевых диоритов на площади 4 кв. км была проведена почвенно-гидрохимическая съемка масштаба 1:5000. Вдоль профилей разного направления, заданных с методической целью вдоль ручьев, вдоль сухих склонов, вдоль контактов, на одной и на разных отметках и др. отбирались пробы через 100 м, а иногда и через 50 м (фиг. 13).

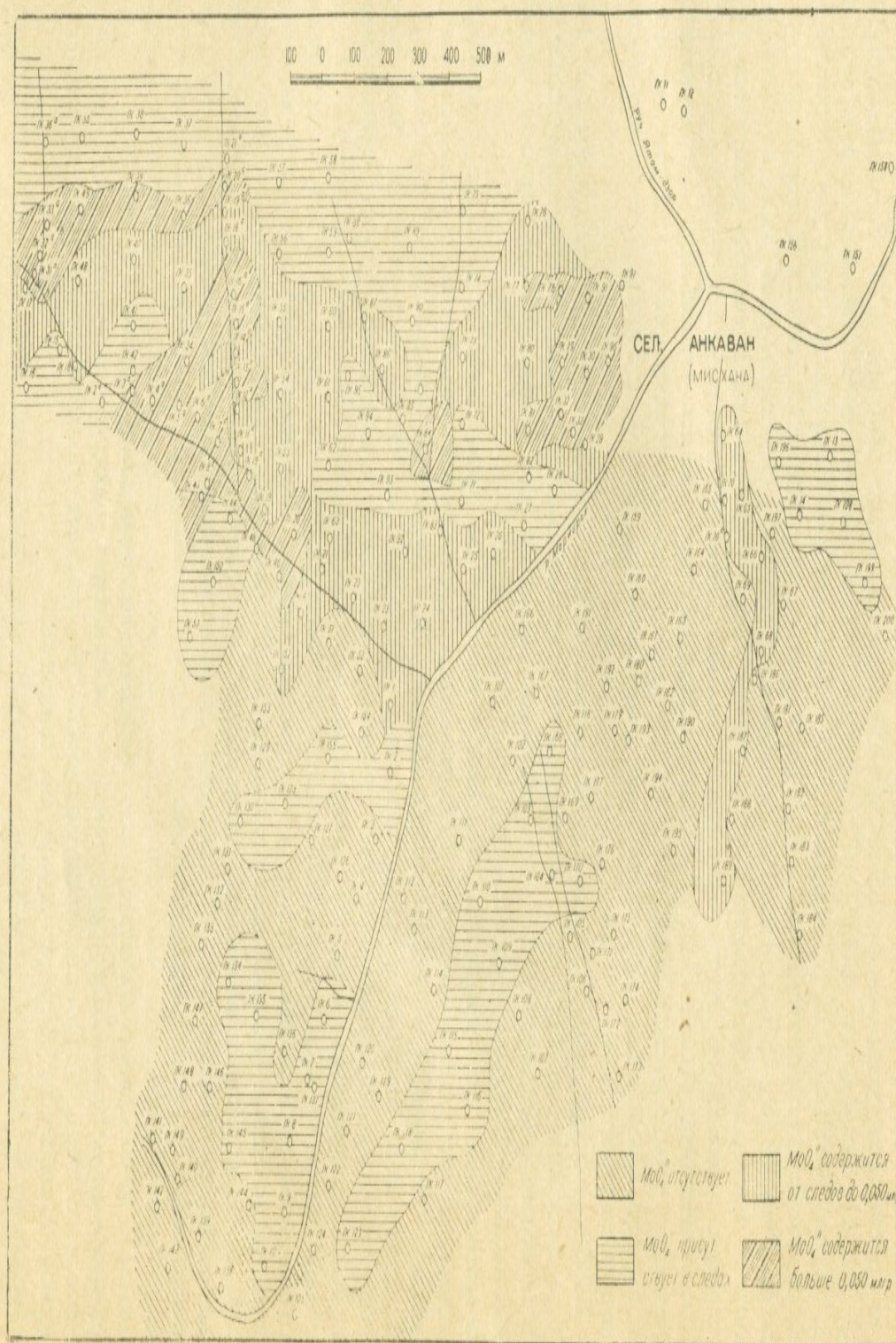
Почвенный покров в районе Анкаванского месторождения достигает значительной мощности, особенно вдоль правого берега р. Мармарик (гора Ортулю). Обнажено ущелье Дамир-Магара и район Главного участка в нижней части склонов. В верхней части склонов мощность почвенного покрова увеличивается. На Анкаванском месторождении рудоносные полосы, близширотного простирания с вкрапленным типом орудене-

# Анкаванское месторождение



Фиг. 126

Анкаванское месторождение  
 Карта полей равных содержаний молибдена в воднорастворимой части почв.



Фиг. 13.

ния, приурочены к кварцевым диоритам в районе ущелья Дамир-Магара. В приконтактной полосе вдоль разлома прослежены на трех участках (Главный участок, Дальняя и Ближняя Дамир-Магара) окисленные скарновые руды (фиг. 6). Почвенная съемка установила следующее:

Наибольшим содержанием молибдена в водных вытяжках хорошо оконтуривается в приконтактной полосе наиболее обогащенный Главный участок месторождения, где сильно развиты процессы окисления, а также выделяются несколько полос широтного и близширотного простирания в районе ущелья Дамир-Магара, где Арм. ГУ проводятся разведочные работы (фиг. 13). Среднее содержание молибдена в водных вытяжках приурочено к рудоносной полосе со слабым оруденением, прослеженной вдоль ущелья Дамир-Магара, к продолжению Главного участка и к перспективному участку Назыр-юрт. На остальной площади развития кварцевых диоритов (гора Ортулю и др.) молибден либо отсутствует, либо присутствует только в тысячных долях мг. Интересно, что в районе рудоносной площади молибден присутствует во всех пробах, за пределами ее, на площади развития тех же кварцевых диоритов он отсутствует. В почвенном покрове над древней метаморфической толщей молибден полностью отсутствует.

В 1953 году на Каджаранском месторождении на левом берегу р. Охчи, на площади 2,5 кв. км была проведена почвенно-гидрохимическая съемка масштаба 1 : 5000 по прямоугольной сетке с отбором проб строго через каждые 200 м (фиг. 14).

Почвенный покров на левом берегу р. Охчи в районе съемки незначительный и равномерный. Почвенная съемка показала наличие в почве молибдена от 0 до 147,10 мг/литр. В подтверждение перспективности участка, намеченного в результате опробования вод (фиг. 9), выделяется в результате опробования почв, тот же участок (над селением и поселком Каджаран), в нем повышено содержание молибдена в воднорастворимой части почв. Кроме того, выделяется один участок между вышеописанным и Атыкызским участком месторождения и один в районе Атыкызского участка вниз по склону. Размеры установленного исследованиями вод перспективного участка увеличены в связи с тем, что были засняты новые участки ближе к вершинной части горы.

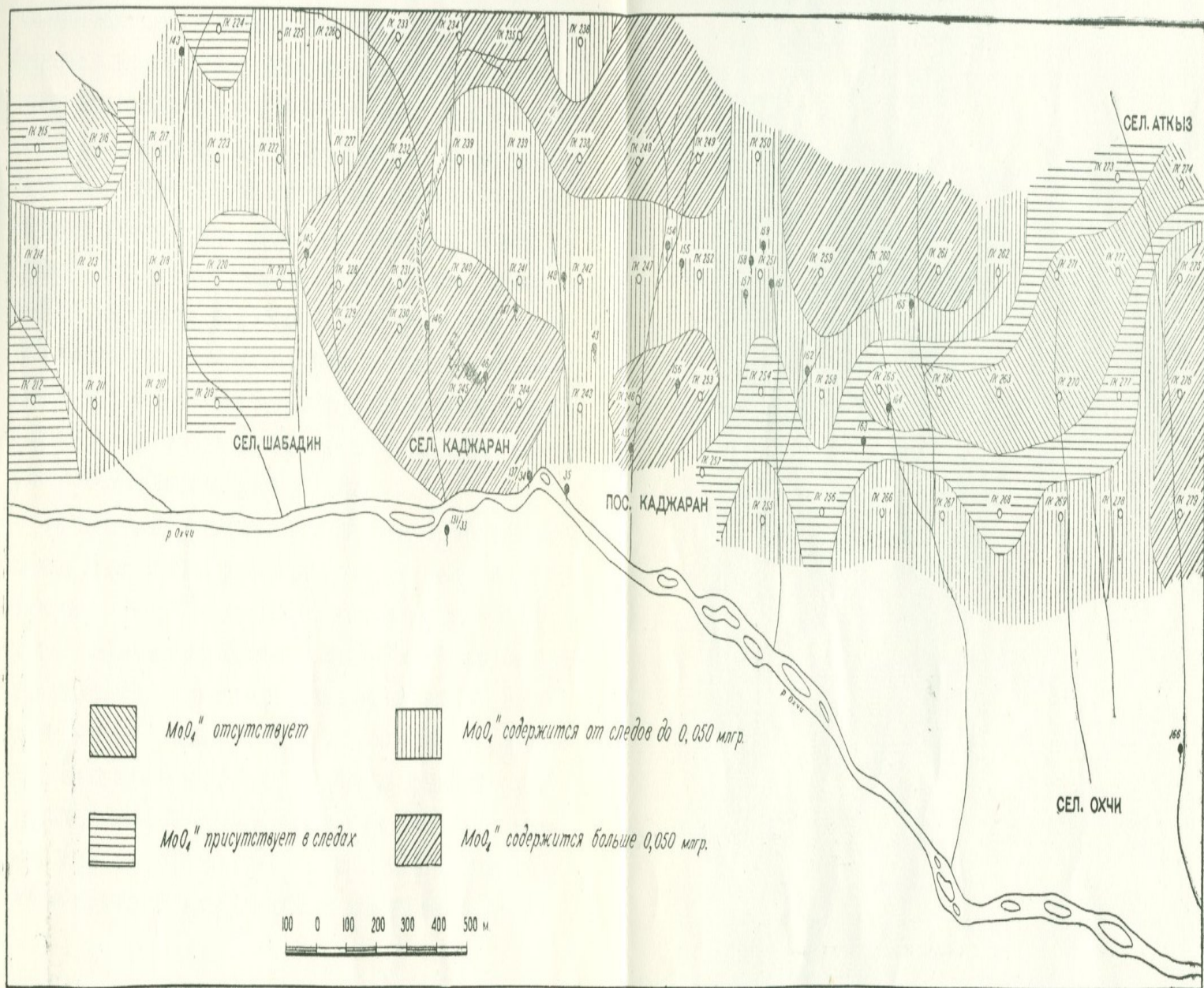
Учитывая снос материала сверху вниз, а также наличие молибдена в ручьях, стекающих со склона, можно высказать предположение, что рудоносный участок находится ближе к его вершинной части.

В районе горы Пирдоудан, в нижней части склона, в его террасовой части, молибден в воднорастворимой части наносов либо отсутствует совершенно, либо присутствует в следах.

В верхней части склона в районе штолен он присутствует во всех пробах в количестве  $37 \cdot 10^{-3}$  —  $73 \cdot 10^{-3}$  мг/л.

Таким образом, почвенно-гидрохимическая съемка вполне применима для поисковых целей, так как достаточно хорошо оконтуривает рудоносные участки.

Левый берег р. Охи в районе Каджаранского месторождения. Карта полей равных содержаний молибдена в воднорастворимой части почв.



Фиг. 14.

Мощность наносов оказывает малозаметное влияние на показания съемки на поверхности. На примере исследованных месторождений видно, что съемка дает наибольший эффект там, где существует зона окисления (Агаракское м-ние у Спетринского разлома, Анкаванское м-ние—Главный участок, Дастакертское м-ние—уч. Кош-юрт) и нехарактерна там, где отсутствуют процессы окисления (Дастакертское м-ние, богатый участок). Таким образом, существование на месторождениях зон окисления является одним из главных благоприятных моментов для проведения почвенно-гидрохимической съемки. Месторождения, лишенные зон окисления, съемкой улавливаются плохо. При интерпретации полученных результатов необходим учет элементов сноса. Ввиду сноса материала отображение в почвенном покрове рудоносного участка может быть передвинуто вниз по склону от его настоящего месторасположения. Здесь значительную помощь может оказать изучение разреза почвенного покрова по вертикали с количественным определением содержания молибдена на разных глубинах (поиски эффективного горизонта). Установление глубины эффективного горизонта в ряде пунктов почвенного покрова с учетом путей сноса материала может дать указание о месторасположении и глубине залегания рудного тела. Интересными исследованиями могут быть изучения содержания сульфатов, кальция и железа в водных вытяжках, что может оказаться (особенно содержание сульфатов) дополнительным поисковым признаком.

Гидрохимическое опробование в разведочных выработках может служить вспомогательным разведочным критерием, направлять и корректировать разведку. Так на Дастакертском м-нии в одной из штолен приток сульфатной воды, обогащенной медью и молибденом, был прямым указанием на направление разведки вверх над штольной. В другом случае, вслед за притоком сульфатной воды была вскрыта рудоносная зона. Также значительный интерес для разведки представляют участки циркуляции сульфатно-гидрокарбонатных вод с повышенным содержанием молибдена и преобладанием закисного железа над окисным. Подобные исследования могут сопутствовать разведке месторождений.

## 6. Методика почвенно-гидрохимической съемки

Предлагаемый нами метод поисков месторождений молибдена путем производства в начале широких гидрохимических исследований на больших площадях, а затем почвенно-гидрохимической съемки на выделенных перспективных участках хорош своей простотой, не требует особых затрат. Метод прямой указывает непосредственно на присутствие молибдена, в чем его преимущество перед косвенными геофизическими методами. Преимущество предлагаемого метода перед спектромолибденометрической съемкой в простоте, быстроте и дешевизне определений, возможности производства их в полевых условиях, доступности каждому геологу. Преимущество метода и в быстроте определений. В течение одного полевого сезона можно покрыть съемкой большие площади.

Гидрохимические исследования должны быть начаты с изучения гидрографической сети района. Благодаря сравнительно быстрому убыванию молибдена в речной воде с удалением от месторождения простое опробование гидрографической сети района должно привести к перспективной площади, где уже должно быть поставлено массовое гидрохимическое опробование всех имеющихся выходов воды (родников).

Исследование проб воды на присутствие иона  $\text{MoO}_4$  отличается своей простотой и возможностью определений в полевых условиях. На один анализ достаточен отбор ста кубиков воды. Для переброски проб на базу хорошо применять портативную сумку с ячейками для установки 100—150 гр. склянок (от 20 до 30 склянок).

Методика производства почвенно-гидрохимической съемки очень проста. На изучаемой площади может быть разбита сетка любой густоты, через определенное количество метров в зависимости от задачи исследований. На больших перспективных площадях для определения приблизительных границ ореолов рассеяния можно разбить сетку со стороной квадрата до 200 и более метров. При детальном изучении отдельных участков м-ния может быть разбита сетка большей густоты со стороной квадрата до 10—5 метров. В каждой точке небольшой киркой разрыхляется почва до глубины 0,2—0,3 м и отбирается проба почвы весом 200—300 гр (на один анализ идет 50—100 гр почвы).

Разработкой методики полевого чувствительного анализа на присутствие молибдена в водах и водных вытяжках занималась кандидат химических наук Э. А. Кюрегян, оказавшая большую и непосредственную помощь нашим исследованиям. Ею применялся следующий метод полевого химического анализа вод и водных растворов на определение в них молибдена.

При 8-часовой загрузке этим методом один лаборант может произвести до 40 определений в день.

50—60  $\text{см}^3$  прозрачной анализируемой воды наливается в цилиндр, к ней приливается 8  $\text{см}^3$  соляной кислоты ( $\text{HCl}$ ) уд. веса 1,13 и перемешивается, после чего приливается 1  $\text{см}^3$  хлористого железа ( $\text{FeCl}_3$ ) (для рудничных вод добавка хлористого железа не нужна). Затем приливается 2  $\text{см}^3$  роданистого калия ( $\text{KCNS}$ ). Появляется красная окраска раствора. После тщательного перемешивания добавляется 2  $\text{см}^3$  хлористого олова ( $\text{SnCl}_2$ ). Перемешивание повторяется. Ярко-красная окраска сменяется светло оранжевой. Это цвет молибдено-роданистого комплекса. Через 5 минут приливается 15  $\text{см}^3$  этилового эфира. После энергичного встряхивания цилиндра оранжевая окраска раствора экстрагируется в эфирный слой. Цвет эфирного слоя сравнивается с эталонной шкалой. Стойкость окраски — 2 часа. Чувствительность метода  $10^{-7}$  мг/л.

Таким образом, на каждый анализ требуется реактивов  $\text{HCl}$ —8  $\text{см}^3$ ,  $\text{FeCl}_3$  — 1  $\text{см}^3$ ,  $\text{KCNS}$  — 2  $\text{см}^3$ , эфира — 15  $\text{см}^3$ . Для производства 500 анализов (две недели полевых работ) нужно захватить с собою в поле реактивов:  $\text{HCl}$  — 4 литра,  $\text{FeCl}_3$  — 0,5 литра,  $\text{KCNS}$  — 1 литр,  $\text{SnCl}_2$  — 1 литр и 7—8 литров эфира (всего 14—15 литров).

Водная вытяжка из почвы в поле готовится следующим образом: через сито в 3 мм просеивается 50 гр. почвы и затем переносится в колбу, куда приливается 250 см<sup>3</sup> воды, заведомо не содержащей молибдена. Встряхивается в течение 3 минут, затем нагревается до кипения, доливаются 10 см<sup>3</sup> раствора надсернистого аммония ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) и затем нагревается еще 3 минуты. Вытяжка должна обесцветиться. Если не обесцветилась, то прибавляется еще раз 5—10 см<sup>3</sup> надсернистого аммония. Фильтруется в горячем виде. Первые 50 см<sup>3</sup> раствора переливаются в цилиндр и повторяются определения молибдена, разработанные для воды. За 8 часов работы один лаборант может приготовить таким путем и проанализировать 20—25 проб.

## В Ы В О Д Ы

1. Познание химизма вод определенных типов месторождений позволяет выявить гидрохимические поисковые критерии на руды. Изучение геохимии вод, связанных с месторождениями полезных ископаемых, было начато с медно-молибденовых месторождений, что представляло значительный интерес для освещения вопросов, связанных с процессами миграции молибдена.

2. Гидрогеологические условия района медно-молибденовых месторождений, приуроченных к высокогорной области, определяются сильной расчлененностью рельефа, преобладанием в геологическом строении районов интрузивных и эффузивных пород с трещинным типом водопроницаемости и сравнительно незначительной мощностью наносов. Перечисленные факторы приводят к ограниченному формированию подземных вод. Влажность климата и обилие осадков способствует увеличению подземного стока. Разница в климатических условиях отражается на гидрогеологических условиях. Так наименее обводнено Агаракское месторождение, где выпадает небольшое количество осадков и имеет место сильное испарение, благодаря более высокой температуре воздуха.

3. Ввиду сильно расчлененного рельефа выделяются обособленные орографические единицы (гора Пирдоудан) со своим гидрогеологическим режимом. В пределах таких единиц область питания вод совпадает с областью их распространения.

4. Воды образуются, главным образом, путем непосредственного просачивания атмосферных осадков. Благоприятные условия для конденсации водяных паров на водораздельных участках хребтов благоприятствуют увеличению подземного стока. Поверхностный сток преобладает над стоком подземным.

5. Выделяются два типа подземных вод: воды наносных образований (делювиальных и аллювиальных) и трещинные воды интрузивных пород. В различной степени оба типа вод связаны между собой и с водами поверхностных водотоков. Последние являются также источником питания подземных вод.

6. Основным элементом дренажа подземных вод являются горные выработки — штольни и буровые скважины.

7. Вскрываемые подземными выработками рудничные воды относятся к типу трещинных вод. Приток этих вод в подземные выработки незначителен. Увеличивается по горизонтам сверху вниз. По мере развития горных работ на глубину и ввода в разработку более глубоко расположенных горизонтов выходы воды перемещаются, в основном, на более низкие горизонты. Характер водопритока находится в зависимости от атмосферных осадков.

8. Поступление воды в горные выработки происходит, в основном, в виде «капежа» с кровли и стенок и, зачастую, в виде просачиваний из подошвы. Крупные притоки воды (концентрированные выходы) редки. Водоприток в штольнях распределяется неравномерно. Наблюдаются обводненные и совершенно сухие участки.

9. Поступление вод в горные выработки связано исключительно с трещиноватостью пород. Одни и те же породы на различных участках обводнены в различной степени.

10. Крупные притоки воды приурочены, в основном, к узлам тектонических нарушений. Капез приурочен к мелкой трещиноватости и к зонам раздробленных пород. Связи водоносности трещин с элементами их залегания не установлено. Крупные тектонические трещины зачастую закальматированы глиной трения и не водоносны. Контакты пород в большинстве случаев водоносны. В некоторых случаях (буровая в Каджаране) трещинные воды обладают значительным напором. В некоторых штольнях наблюдаются восходящие источники.

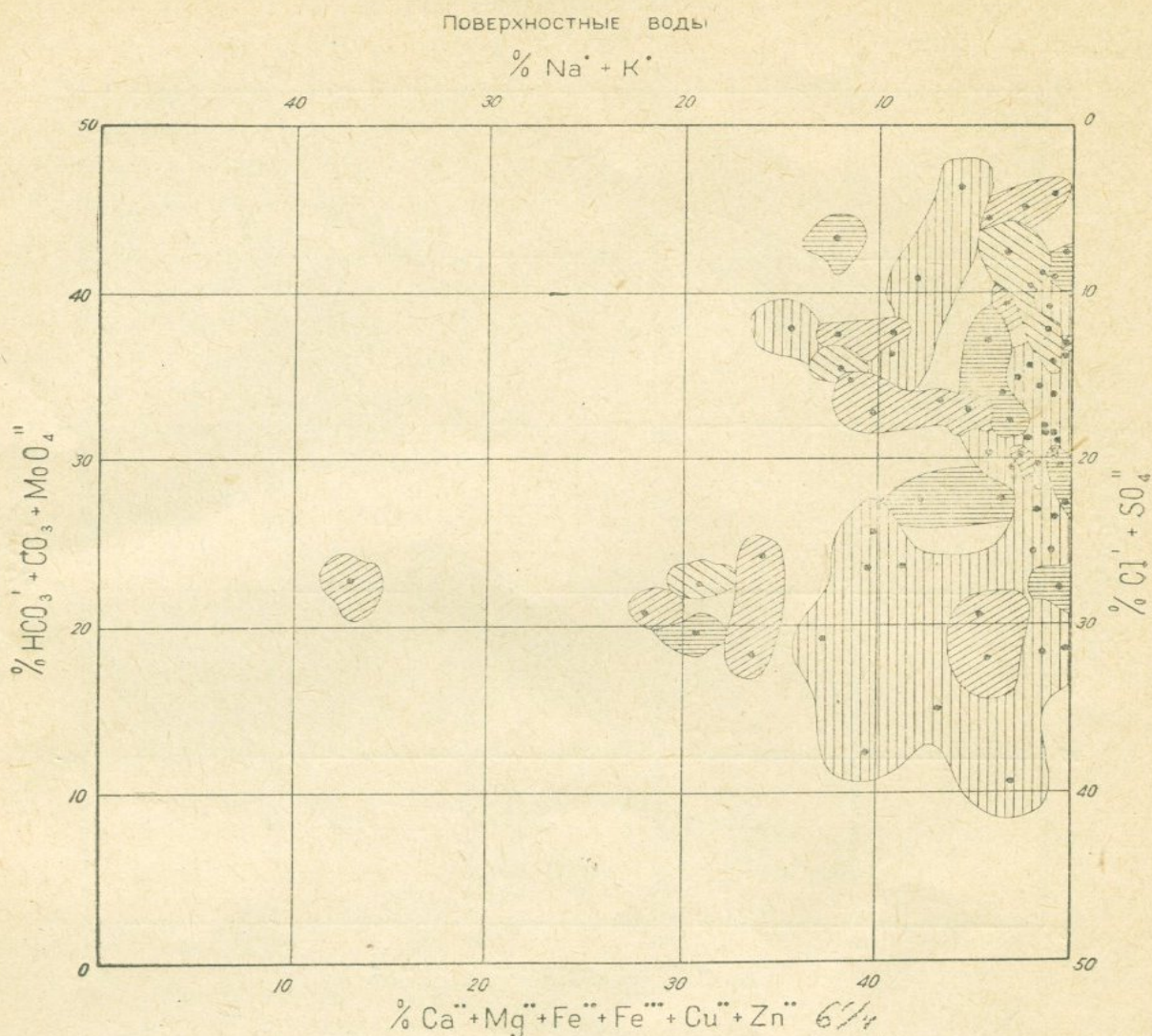
11. Аллюво-делювиальные отложения являются первичным приемником атмосферных осадков. Крутизна залегания и литологический состав делювиальных отложений не способствует широкому формированию подземных вод. Делювиальные отложения содержат в себе подземную воду, которая распределяется в виде отдельных потоков или линз. Выходы подземных вод наблюдаются обычно в пониженных частях рельефа, в ущельях рек и оврагах или в местах перегиба рельефа. В районе штолен выходы вод отсутствуют, так как воды полностью дренируются горными выработками.

12. Аллювиальные воды приурочены к террасам рек, залегают на очень небольшой глубине, пополняются инфильтрацией атмосферных осадков и просачиванием речной воды. Характеризуются непостоянством своего выхода.

13. Вскрытые части месторождения, в общем, обводнены слабо. Существующие водоотливные хозяйства полностью справляются с водами, поступающими в горные выработки, благодаря чему они не служат препятствием для проводимых в настоящее время горных работ.

14. По химическому составу поверхностные воды месторождений (фиг. 15а), в основном, гидрокарбонатно-кальциевые. На Дастакертском месторождении в районе ручья Мегрили и отчасти в ручьях Анкаванского месторождения выделяются воды гидрокарбонатно-сульфатно-каль-

График Толстихина для химического состава вод медно-молибденовых месторождений.

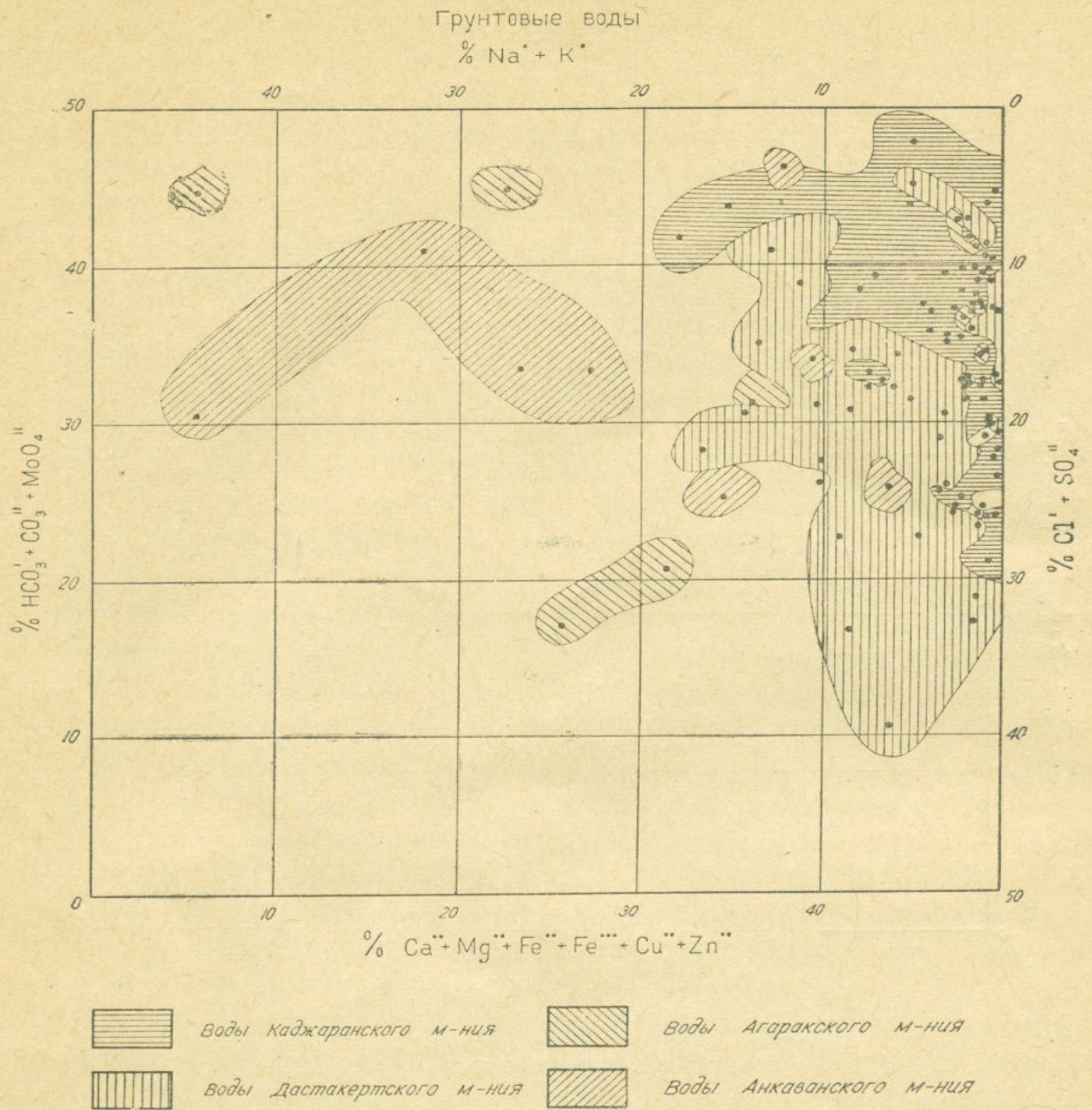


Фиг. 15а  
(условные обозначения см. фиг. 15б).

циевые и сульфатно-кальциевые. Грунтовые воды (делювиальные и аллювиальные) также, в основном, гидрокарбонатно-кальциевые и по своему составу близки между собой и с водами поверхностных водотоков (фиг. 15б), что подтверждает существование взаимной связи. Среди грунтовых вод выделяются две пробы по Агаракскому месторождению (гидрокарбонатно-натриевые), гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые воды Мегрилинского участка Дастакертского месторождения и родников левого берега р. Охчи в пределах района Каджаранского месторождения, а также гидрокарбонатно-натриевые воды нескольких родников Анкаванского месторождения.

Оба типа вод обладают небольшой минерализацией. Минерализация поверхностных вод Каджарана колеблется в пределах 79—340 мг/л, Дастакерта — 160—451 мг/л, Агарака 127—528 мг/л, Анкавана 78—228 мг/л. Минерализация грунтовых вод Каджарана колеблется в пределах

График Толстихина для химического состава вод медно-молибденовых месторождений.

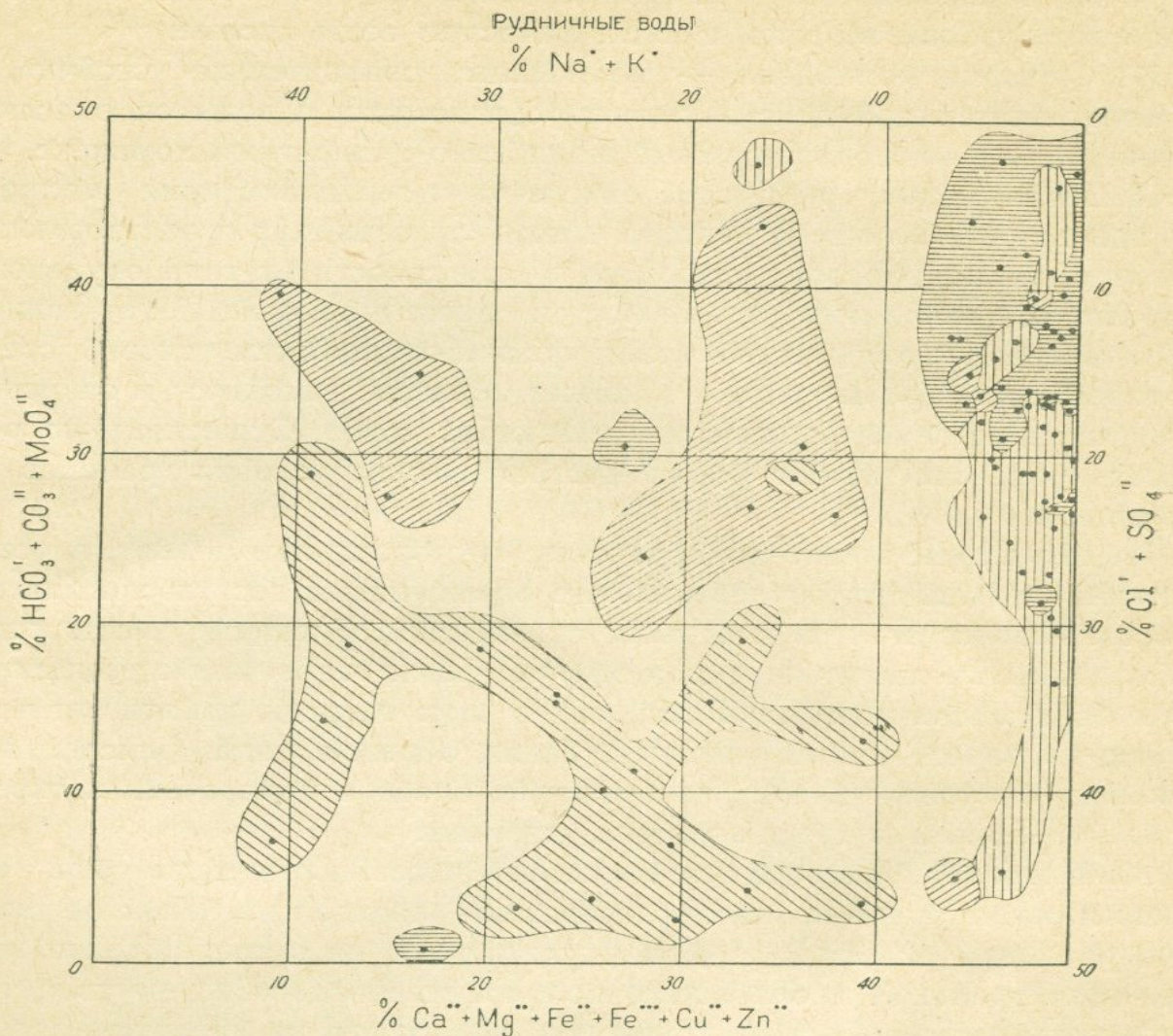


Фиг. 156.

75—410 мг/л, Дастакерта 121—770 мг/л, Агарака 233—908 мг/л, Анкавана 63—280 мг/л. Таким образом, оба типа вод в Агараке являются более минерализованными, что объясняется влиянием климатических условий. Обилие атмосферных осадков на остальных месторождениях опресняет воды, циркулирующие в их пределах.

15. Рудничные (трещинные) воды так же, как и воды, циркулирующие в наносных образованиях, гидрокарбонатно-кальциевые, реже гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевые и сульфатно-кальциевые. Однотипность грунтовых и рудничных вод говорит об их взаимосвязи — поверхностном питании рудничных вод и подпитывании грунтовых вод трещинными водами. Общая минерализация рудничных вод выше, ввиду большей циркуляции в породах. Разница в химическом составе отдельных

График Толстихина для химического состава вод медно-молибденовых месторождений.



Фиг. 15в  
(условные обозначения см. фиг. 15б).

проб вызывается условиями циркуляции вод, степенью обводненности пород данного участка и степенью его рудоносности. Среди рудничных вод резко выделяются рудничные воды Агаракского и Анкаванского месторождений (фиг. 15в). Они более разнообразны по своему химическому составу и минерализации. Агаракские воды отличаются большой минерализацией и преобладающим содержанием сульфатов в составе анионов и натрия в составе катионов, а Анкаванские воды — большим содержанием натрия. Рудничные воды Дастакертского и Каджаранского месторождений однотипны — гидрокарбонатно-кальциевые, небольшой минерализации.

Минерализация рудничных вод Каджарана колеблется в пределах 210—396 мг/л, Дастакерта 160—481 мг/л, Агарака 896—8128 мг/л, Анкавана 170—501 мг/л.

16. Воды Агаракского месторождения по своему химическому составу являются более типичными для вод окисляющихся сульфидных месторождений, чем воды Каджаранского, Дастакертского и Анкаванского

месторождений. В своем составе они содержат значительное количество сульфатов, образующихся в результате окисления сульфидов месторождения кислородом воздуха и воды. Зачастую воды кислые.

17. Сульфид молибдена — молибденит, сравнительно устойчив, но при продолжительном действии кислорода воздуха и воды он окисляется, переходит в воднорастворимый молибдено-сульфатный комплекс.

18. Интенсивность процессов окисления и выщелачивания молибденита зависит от характера доступа к нему окисляющих и растворяющих агентов и, таким образом, находится в зависимости от типа оруденения и характера циркуляции вод. Вынос и рассеяние молибдена зависят от его миграционной способности и физико-химических условий среды, в которой молибден мигрирует и, таким образом, находится в зависимости от химизма вод и характера вмещающих пород. Существенную роль во всех процессах играют физико-географические условия районов месторождений.

19. Изученные медно-молибденовые месторождения имеют, в основном, вкрапленный тип оруденения, что ограничивает доступ окисляющих и растворяющих агентов к рудным скоплениям. Сложены месторождения массивными интрузивными и эффузивными породами с трещинным типом циркуляции подземных вод, что, в свою очередь, локализует влияние вод на определенных участках. Таким образом, зона окисления на изученных месторождениях развита очень слабо и приурочена к определенным трещинам и трещиноватым участкам.

20. Благодаря высокой миграционной способности молибдена, способности оставаться в водных растворах со сравнительно большим диапазоном значений рН, от 2 до 8, циркулирующие на месторождении воды даже с нейтральной и слабощелочной реакцией способны растворять и удерживать в своем составе молибден, вынося его на дневную поверхность и заражая им почвенные образования, грунтовые и поверхностные водотоки. Молибден, таким образом, присутствует во всех типах вод (поверхностных, грунтовых, трещинных), циркулирующих в районе месторождений и имеющих величину рН в интервале 6—8.

21. Молибден попадает в раствор в виде молибден-сульфатного комплекса и молибденовой кислоты. При наличии сильных нейтрализаторов он должен выпасть из раствора в виде молибдата кальция-повеллита и молибдата железа — ферримолибдита. Однако на изученных месторождениях окисленные минералы молибдена почти не развиты. Так они полностью отсутствуют на Дастакертском месторождении. На Каджаранском и Анкаванском месторождениях незначительно развит повеллит, на Агаракском месторождении — ферримолибдит. Осаждению повеллита способствует более карбонатный, а осаждению ферримолибдита более кислый характер вод.

22. Таким образом, молибден только частично выпадает из растворов в пределах зоны окисления. В основном он мигрирует, выносится водами. Этому способствует отсутствие сильных нейтрализаторов — полуактивная (Каджаран) и инертная обстановка районов месторождений,

обязанная составу вмещающих пород. Циркулирующие в них гидрокарбонатно-кальциевые воды не являются сильными нейтрализаторами. Поэтому молибден только частично выпадает из растворов в пределах зоны окисления. В основном, он выносится водой, заражая почву и растительность в районе месторождений. Наличие окисляющейся зоны, находящейся в стадии активного растворения (район Спетринского разлома на Агаракском м-нии, Главного участка Мисханского м-ния и ручья Кошюрт м-ния Дастакерт) увеличивает растворение и вынос молибдена водами.

23. Изученные месторождения расположены в молодой горной стране с резко расчлененным рельефом и интенсивно протекающими процессами механического и химического выветривания. Процессы эрозии зачастую опережают процессы окисления. Механическое выветривание сносит окисленный материал и препятствует его накоплению. Так, процессы механической эрозии уносят окисленный материал в ряде мест Агарака и в Дастакерте. На Анкаванском м-нии с более сглаженным рельефом и менее интенсивными процессами эрозии зона окисления более развита. Активно протекающие процессы химической эрозии способствуют растворению и выносу молибдена из м-ния.

24. Таким образом, общая физико-географическая и геологическая обстановка, существующая в районе месторождений, не благоприятствует накоплению окисленного материала, а способствует растворению, выносу и рассеянию молибдена.

25. Предыдущими исследователями (Н. А. Акопян и др.) спектроскопическим анализом установлено наличие молибдена в виде примеси во всех немolibденовых минералах зон окисления. Нами установлено присутствие молибдена в грунтовых и поверхностных водах и в воднорастворимой части почвы в районе месторождений. В пределах ореолов рассеивания м-ний содержание молибдена достигает в поверхностных и грунтовых водах от 0,001 до 1,6 мг/л, в трещинных водах от 0,07—8,0 мг/л.

26. Благодаря приуроченности м-ний к отдельным орографическим единицам и самостоятельности их гидрогеологического режима, ореол рассеивания молибдена локализуется в их пределах.

27. Водные растворы выносят на дневную поверхность значительное количество молибдена. Проведенными исследованиями дана количественная характеристика явления. Рудничными водами Каджарана выносится металлического молибдена в год 573 кг, Дастакерта — 157 кг, Агарака — 88 кг, Анкавана — 144 кг. Такое большое количество молибдена, вступающее ежегодно в круговорот, не может не служить показателем существующего на глубине оруденения и не может не заражать наносные образования. С разработкой м-ния зараженность района молибденом заметно увеличивается, но она существует и до его вскрытия. Вода, подаваемая в настоящее время штольнями, прежде, до вскрытия м-ния, поступала по другим путям, о чем говорит исчезновение на м-ниях с проходкой штолен на дренированной площади многих прежде существовавших

родничков. На левом берегу р. Охчи с участка, не вскрытого штольнями, родники выносят в год 46 кг металлического молибдена.

28. В пределах изученных месторождений медь мигрирует слабо, почти полностью отсутствуя в водах, чему благоприятствуют высокие значения рН водных растворов.

29. Проведенными работами установлена прямая зависимость между содержанием в водах молибдена и сульфатов и обратная зависимость между содержанием в водах молибдена и железа, молибдена и кальция. Таким образом, отчетливо выделен тип вод, связанный с рудоносными породами. Это воды с повышенным содержанием сульфатов и молибдена и заниженным содержанием кальция и железа. Первые появляются в растворе в результате процессов окисления молибденита. Последние способствуют выпаданию молибдена из водных растворов с образованием повеллита и ферримолибдита.

30. Проведенным гидрохимическим опробованием поверхностных водотоков, а также всех выходов вод, доказана приуроченность этого типа вод к ореолу рассеивания месторождений молибдена. Распространение вод с повышенным содержанием сульфатов и молибдена может быть истолковано как какое-то отображение перспективной рудоносной структуры.

31. Таким образом, данные, освещающие поведение молибдена в конкретной физико-географической и геологической обстановке изученных месторождений, обратили наше внимание на целесообразность изучения вод и почв, как на один из надежных и легкодоступных методов поисков аналогичных месторождений.

32. В основе использованного метода лежит положение о существовании над месторождениями полезных ископаемых их ореолов рассеивания. Поиски ореолов рассеивания и последующее их изучение в методике обнаружения месторождений, которым они сопутствуют, не новы и давно применяются в практике геологических и геофизических исследований. Сюда относится металлометрическая съемка, шлиховая съемка и др. Нами на основе изучения процессов миграции молибдена предлагаются гидрохимические методы, позволяющие обнаруживать и оконтуривать такие ореолы рассеивания.

33. Предварительные итоги гидрохимической съемки путем массового гидрохимического опробования ручьев, рек и родников района, проведенного нами в районе известных медно-молибденовых месторождений, позволяют нам рекомендовать проведение подобных съемок на больших территориях для поисков месторождений молибдена, особенно в малообнаженной задернованной местности, где вода является единственным свидетелем присутствия молибдена на глубине. В условиях Армении таким поискам будет способствовать расчлененный рельеф, существование отдельных орографических единиц со своим гидрогеологическим режимом, что лаколизует ореолы рассеивания на площади самого месторождения, и всегда имеющее место подпитывание грунтовых вод водами трещинными, что увеличивает также вынос молибдена на дневную поверхность.

34. Сульфатные воды на всех месторождениях являются наиболее минерализованными, благодаря чему их распространение может оконтуриваться резистивиметрией, что расширяет круг поисковых методов.

35. Возможности чисто гидрохимического метода поисков ограничены наличием существующих выходов воды. Площади, где отсутствуют выходы воды, остаются неосвещенными. Поэтому нами было предложено исследование воднорастворимых частей наносных образований, как замена выхода воды.

36. Нашими исследованиями впервые установлено присутствие молибдена в воднорастворимой части почв над месторождением. В пределах ореолов рассеивания месторождений в воднорастворимой части почв молибдена содержится от 0,015 до 1,468 мг со 100 гр почв.

37. Наносные отложения в районе месторождения, являющиеся продуктом разрушения коренных рудоносных пород, содержат в своем составе молибден. Воды, выходящие из коренных пород и попадающие в наносные образования, в свою очередь заражают их молибденом. Грунтовые воды получают молибден из наносов. Стекая в реки и ручьи, заражают им и поверхностные водотоки. Возникающий ореол рассеяния невелик и, благодаря расчлененности рельефа, локализуется на площади самого месторождения.

38. В результате анализа результатов почвенно-гидрохимической съемки, проведенной в районе четырех изученных месторождений, можно сделать выводы, что мощность почвенного покрова не оказывает заметного влияния на результаты съемки. Съемка дает наибольший эффект там, где существует зона окисления (Агаракское м-ние у Спетринского разлома, Мисханское м-ние—Главный участок, Дастакертское м-ние — Кошюртский участок), и нехарактерна там, где отсутствуют процессы окисления (Дастакертское м-ние — богатый участок). Таким образом, существование на месторождениях зоны окисления является одним из главных благоприятных моментов для проведения почвенно-гидрохимической съемки. Месторождения, лишенные зоны окисления, съемкой улавливаются плохо. Последние дают показатели содержания молибдена в почве, значительно меньшие, чем окисленные участки. Но все же они получают какое-то отражение в почвенном покрове, почему неправильно будет думать, что предлагаемый метод может быть применим только на окисленных м-ниях. Он хорош для всех месторождений, так как полностью отсутствует молибден в воднорастворимой части почв всегда и только на пустых породах.

39. Почвенно-гидрохимическая съемка может быть проведена в любом масштабе при любой густоте точек.

40. Таким образом, почвенно-гидрохимическая съемка методом водных вытяжек из наносов, предложенная и опробованная нами впервые для поисков месторождений молибдена, оправдала себя в процессе наших исследований. Она отличается своей простотой, быстротой, дешевизной и возможностью охвата больших площадей и прямой оценки перспективности района.

41. При интерпретации полученных результатов необходимо знание общей геологии района и, особенно, гидрогеологии его, процессов выветривания и почвообразования с учетом элементов сноса. Ввиду сноса материала отображение в почвенном покрове рудоносного участка может быть передвинуто вниз по склону от его настоящего месторасположения. Здесь значительную помощь должно оказать изучение почвенного покрова по вертикали. Установление глубины эффективного горизонта в ряде пунктов почвенного покрова с учетом путей сноса материала даст указание о месторасположении и глубине залегания рудного тела.

42. Изучение района должно начинаться с гидрохимического опробования гидрографической сети района. Благодаря установленному быстрому убыванию молибдена в речной воде с удалением от месторождения, простое опробование гидрографической сети района должно привести к перспективной площади, где уже должно быть поставлено массовое гидрохимическое опробование всех имеющихся выходов воды с последующей интерпретацией полученных данных на основе знания гидрогеологии района. Затем уже может быть поставлена и почвенно-гидрохимическая съемка на выделенных перспективных участках для большей детализации и оконтуривания рудоносной площади. Она необходима в слабообводненных районах.

43. Разработка методики почвенно-гидрохимической съемки (опробование вод и почв) на перспективных площадях является практическим результатом наших исследований.

44. Гидрохимическое опробование в разведочных выработках может служить вспомогательным разведочным критерием, направлять и корректировать разведку.

45. Конкретными практическими результатами проведенных исследований является выделение перспективного участка в монзонитах левого берега р. Охчи непосредственно над поселком Каджаран (участок предлагается нами под разведку) и перспективного Мегрилинского участка в районе Дастакертского месторождения. В районе Анкаванского месторождения перспективным является разведочный участок ущелья Дамир-Магара.

46. Перед проводимыми работами в дальнейшем, помимо постановки почвенно-гидрохимических съемок на больших перспективных площадях с последующей проверкой полученных материалов разведочными работами, стоят следующие задачи:

а) развитие работ по установлению закономерностей, обуславливающих количественное содержание молибдена в почвенном покрове и в водах в зависимости от интенсивности оруденения участка, с учетом водоносности пород и характера развития зоны окисления. Здесь должны быть использованы результаты проводимых разведок, особенно данные опробования;

б) Исследования почвенного покрова с целью выявления закономерностей, обуславливающих накопление молибдена. Сюда входит изучение путей сноса материала, изучение состава почв и его влияния, изучение

влияния мощности наносов, выделение эффективного горизонта в зависимости от условий района, определение влияния растительного покрова; изучение состава самой водной вытяжки и др.;

в) разработка методики обнаружения глубины и месторасположения рудного тела в зависимости от глубины эффективного горизонта в разных пунктах исследуемой площади;

г) выявление новых поисковых критериев — массовое определение сульфатов, железа и кальция в водных вытяжках из почв; расшифровка вопроса соотношения в водах молибдена и железа и поведения молибдена в минеральной воде;

д) изучение растительности в районе месторождений.

На данном этапе проведенные исследования позволяют рекомендовать более широкое внедрение почвенно-гидрохимической съемки, как метода поисков месторождений молибдена.

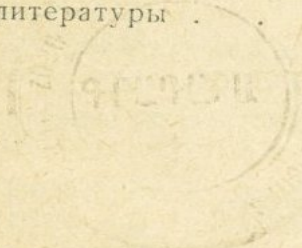
## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акопян Н. А. — К минералогии зоны окисления медно-молибденовых месторождений Армении. Известия АН АрмССР, X, 1, 1957.
2. Виноградов А. П., Виноградова Х. Г. — Молибден в почвах СССР. ДАН СССР. Новая серия, том I—XII, 5, 1948
3. Виноградов А. П. — Рассеянные химические элементы в подземных водах разного происхождения (о значении коэффициента пропорциональности). Труды Лаб. гидрогеол. проблем, 1, 1948.
4. Виноградова Х. Г. — О содержании молибдена в растениях семейства Leguminosae ДАН СССР, том XI, I, 1943.
5. Виноградов А. П. — Содержание Си в различных почвах (к вопросу о происхождении так называемой «болезни обработки» злаков). ДАН СССР, том XXVII, 9, 1940.
6. Виноградов А. П. — Изучение биогеохимических провинций в связи с их народно-хоз. значением. Вестник АН СССР, 10, 1939.
7. Виноградова Х. Г. — Определение малых количеств молибдена в почвах, растительных и животных организмах. Методы определения микроэлементов, 1950.
8. Германов А. И. — Гидрогеология зоны гипергенеза сульфидных месторождений (на примере Шамлуга и Кафана). Рукопись Фонд. Арм. ГУ, 1946.
9. Германов А. И. — Гидрогеохимия медноколчеданных месторождений Малого Кавказа, как поисково-разведочный критерий. МГРИ, Фонд, Арм. ГУ, 1947.
10. Долуханова Н. И. — Основные итоги работ по теме «Гидрогеология и геохимия вод главных медно-молибденовых м-ний АрмССР». Рукопись, Фонд Арм. ГУ, 1952.
11. Котляр В. Н. — Структура и генезис Мисханского молибденово-медного м-ния в Армении. Известия АН АрмССР, 2, 1946.
12. Линдгрэн В. — Минеральные месторождения. ОНТИ НКТП СССР, Вып. 1, 1934.
13. Малюга Д. П. — О почвах и растениях, как поисковом признаке на металлы. Известия АН СССР (серия геолог. 3, 1947).
14. Малюга Д. П. — К содержанию Си, Ni, Со и др. элементов семейства железа в природных водах. ДАН СССР. Новая серия, том X—VIII, 1945.
15. Мкртчян С. С. — Новые данные о геологическом строении южной части Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, 1948.
16. Мкртчян С. С. — Пирдоуданское медно-молибденовое м-ние. Известия АН Армянской ССР, 1—2, 1944.
17. Мовсесян С. А. — Пирдоуданское медно-молибденовое м-ние. Изд. АН АрмССР, 1940.
18. Муликовская Е. П. — Анализ и химическая характеристика рудничных вод сульфидных месторождений. Материалы ВСЕГЕИ. Геохимия. Госгеолиздат. сборн. 2,
19. Новохатский И. П., Калинин С. К. — Молибден в минеральных, рудничных и поверхностных водах. ДАН СССР, т. XXXIV, 3, 1939.
20. Новохатский И. П., Калинин С. К. — О химизме рудничных вод Казахстана. Изв. Казахского филиала АН СССР. Серия геологич., 2—3., 1944.

21. Новохатский И. П., Калинин С. К. — О химизме рудничных вод по данным спектроскопического анализа. ДАН СССР, том XXVI, 7.
22. Овчинников А. М. — Характеристика гидрогеологических зон Кавказа. Рукопись Центр. институт курортологии, 1936.
23. Сергеев Е. А. — Исследование вод, как средство поисков полиметаллических месторождений. Разведка недр, 2, 1946.
24. Сергеев Е. А. — Применение капельного анализа в разведке полезных ископаемых. Разведка недр 12, 1936.
25. Синякова С. И. — О распространении свинца в почвах. ДАН СССР, том X—VIII, 9, 1945.
26. Смирнов С. С. — Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. ОНТИ НКТП СССР, 1936.
27. Софронов Н. И. — К вопросу об «ореолах рассеяния» месторождений полезных ископаемых и их использования при поисках и разведке. Пробл. Сов. геологии, том V, 4, 1936.
28. Степанов Г. И. — О гидрогеологических исследованиях месторождений полезных ископаемых. Цветные металлы, 8, 1939.
29. Сулин В. А. — О классификации природных вод. Труды лабор. гидрогеол. проб., том III, 1948.
30. Сулин В. А. — Условия образования, основы классификации и состав природных вод. Изд. АН СССР, 1948.
31. Тихомиров Н. И. и Миллер С. Д. — О физико-химическом методе поисков молибдена в условиях полупустынного климата Северного Прибалхашья. Разведка недр, 2, 1946.
32. Толстихин Н. И. — К вопросу о графическом изображении анализов воды. Сборник «Опробование месторождений полезных ископаемых», 1932.
33. Ферсман А. Е. — Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых. изд. Ак. наук. СССР, 1939.
34. Фигуровский И. В. — Климаты Кавказа. Изд. Кавк. отд. географ. об-ва 1919.
35. Фигуровский И. В. — Климатический очерк Кавказа. Классификация климатов Кавказа. Труды 2 Всерос. съезда деят. по климат. гидрогеолог. и бальнеолог., том 1, 1905.
36. Хандросс Л. М. — Железные воды, как источники промышленного получения гидроокиси железа. Журнал «Природа», 4, 1950.
37. Хитаров Н. И. — Повеллит — минерал только ли зоны окисления? Известия АН АрмССР, 8, 1947.
38. Хитаров Н. И., Муликовская Е. П. — Некоторые данные о генезисе ярозита. Тр. ИГН, вып. 10. Мин. геохимическая серия, 2, 1940.
39. Хитаров Н. И., Муликовская Е. П. — К геохимии рудничных вод сульфидных месторождений. Проблемы Советской геологии, 8, 1935.
40. Хитаров Н. И., Иванов А. А. — О взаимосвязи молибдена с кремневой кислотой. ДАН СССР, том XXVII, 7, 1940.
41. Хитаров Н. И., Иванов — К геохимии молибдена в условиях окисленной зоны. Матер. ЦНИГРИ Геохимия, сб. 1, 1937.
42. Чухров Ф. В. — Значение выщелачивания молибдена для оценки молибденовых месторождений в Центральном Казахстане. Советская геология 14—15, 1947.
43. Чухров Ф. В. — Образование ярозита в зоне окисления. ДАН СССР, том XXII, 4, 1950.
44. Чухров Ф. В. — Явления выщелачивания молибдена в Центральном Казахстане. Реф. научн.-исслед. работ Отд. геол.-геогр. наук АН СССР, 1945.
45. Янишевский Е. М. — Поведение молибдена в условиях окисленной зоны рудных месторождений. Тр. МГРИ, т. 1, 1936.
46. D-r W. Köppen Versuch einer Klassifikation der Klimate etc. geografischer Zeitschrift.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Введение . . . . .	5
I. Каджаранское медно-молибденовое месторождение . . . . .	9
1. Общие физико-географические условия района месторождения . . . . .	9
2. Краткий геологический очерк района и описание месторождения . . . . .	11
3. Гидрогеологическая характеристика района месторождения . . . . .	14
4. Химизм вод . . . . .	17
II. Дастакертское медно-молибденовое месторождение . . . . .	22
1. Общие физико-географические условия района месторождения . . . . .	22
2. Краткий геологический очерк района и описание месторождения . . . . .	23
3. Гидрогеологическая характеристика района месторождения . . . . .	25
4. Химизм вод . . . . .	28
III. Агаракское медно-молибденовое месторождение . . . . .	33
1. Общие физико-географические условия района месторождения . . . . .	33
2. Краткий геологический очерк района и описание месторождения . . . . .	35
3. Гидрогеологическая характеристика района месторождения . . . . .	39
4. Химизм вод . . . . .	41
V. Анкаванское медно-молибденовое месторождение . . . . .	44
1. Общие физико-географические условия района месторождения . . . . .	44
2. Краткий геологический очерк района и описание месторождения . . . . .	46
3. Гидрогеологическая характеристика района месторождения . . . . .	49
4. Химизм вод . . . . .	51
V. Миграция молибдена и почвенно-гидрохимическая съемка . . . . .	54
1. Общая химическая характеристика молибдена и условий реакций . . . . .	54
2. Поведение молибдена в зоне окисления . . . . .	55
3. Ореолы рассеяния молибдена . . . . .	61
4. Взаимосвязь отдельных элементов в водах месторождений . . . . .	64
5. Почвенно-гидрохимическая съемка на поиски ореолов рассеяния . . . . .	66
6. Методика почвенно-гидрохимической съемки . . . . .	75
Выводы . . . . .	77
Список литературы . . . . .	88



### Замеченные опечатки

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
30	таблица 2	Средний % содержа- ния $SO_5''$	Средний % содержа- ния $SO_4''$
31	фиг. 4.	$SO''$ мг/литр	$SO_4''$ мг/литр
74	20 снизу	147,10 мг/литр	147 · 10 <sup>-3</sup> мг/литр

*НИНА ИВАНОВНА ДОЛУХАНОВА*

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ  
НА МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ  
АРМЯНСКОЙ ССР**

Ответ. редактор *Э. А. Хачатурян*  
Художник *Г. К. Мнацаканян*

Технический редактор *М. А. Капелян*

Корректор *М. Т. Дальвадянц*

ВФ 0700

Заказ 479

РИСО 449

Изд. 1504

Тираж 1000

Слано в набор 6/ХІІ 1957 г., подписано к печати 27/ІІ 1958 г.

Бумага 70×103<sup>1</sup>/<sub>16</sub>, 5<sup>3</sup>/<sub>4</sub> п. л. + 2 вкл., уч.-изд. 6,3 л.

Цена 3 р. 80 к.

Типография Издательства Академии наук Армянской ССР, Ереван, Абовяна, 124