

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра полезных ископаемых

На правах рукописи

КУКУЛЯН МИХАИЛ АШОТОВИЧ

УДК 553.44:551.2(479.25)

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И СОСТАВ РУД  
МАРДЖАНСКОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
(АРМЕНИЯ)

Специальность 04.00.14 - Геология, поиск и разведка рудных  
и нерудных месторождений

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Москва - 1985

Работа выполнена на кафедре полезных ископаемых Геологического факультета МГУ

Научный руководитель - кандидат геолого-минералогических наук, доцент Ю.С.Бородаев

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук А.Г.Твалчрелидзе (Кавказский институт минерального сырья, г. Тбилиси);

кандидат геолого-минералогических наук А.П.Трофимов (ИМПРЭ).

Ведущее предприятие: Ереванский государственный университет.

Защита состоится "18" октября 1985г. в 13 часов в аудитории 415 на заседании специализированного Ученого Совета по металлогении, поискам и разведке рудных и нерудных месторождений (шифр К 053.05.05) геологического факультета Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова.

Адрес: 119899, Москва, Ленинские горы, МГУ, Геологический факультет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке геологического факультета МГУ.

Автореферат разослан "16" сентября 1985г.

Ученый секретарь  
специализированного Совета,  
кандидат геолого-минералогических  
наук

Ф.П.Мельников

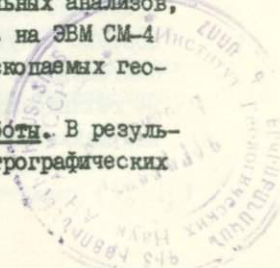
## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и цель работы. В связи с продолжающимся промышленным освоением месторождений Зангезурского рудного района необходимо дальнейшее наращивание здесь сырьевой базы цветной металлургии. Для расширения комплексов поисковых критериев на полиметаллические руды большое значение имеет изучение всех генетических особенностей уже открытых месторождений района. Марджанское полиметаллическое месторождение, где рудные тела подсечены четырьмя штольнями на двух горизонтах, а также большим количеством разведочных скважин, представляет собой один из наиболее благоприятных для этой цели объектов. Автором проводились исследования для решения следующих задач: 1) детальное изучение геологического строения месторождения; 2) выяснение структурно-петрофизических условий формирования; 3) установление минерального состава руд; 4) выявление стадийности минерализации и зональности в распределении минералов; 5) определение геодинамических условий образования кварц-полиметаллических рудных тел.

Фактическая основа и методика исследований. В основу диссертации положены материалы, полученные автором в ходе полевых и лабораторных исследований в течение 1981-1985 гг. Для решения вышеуказанных задач автором было задокументировано свыше 2500 м подземных горных выработок, описано около 2000 пог.м керна буровых скважин, 200 прозрачных шлифов и 150 аншлифов. Для 160 образцов определялись петрофизические свойства и для 66 ориентированных плоско-параллельных пластинок анизотропия упругих свойств по методикам, разработанным В.И. Старостиным (1979, 1984). Было проведено 170 полуквантитативных спектральных анализов. Для изучения минерального состава руд месторождения и для выявления скрытой минералого-геохимической зональности автором было проведено более 210 рентгеноспектральных анализов (микроанализатор УХА-5). Расчет физико-механических свойств пород, построение диаграмм анизотропии упругих свойств и диаграмм трещиноватости, пересчеты рентгеноспектральных анализов, а также решение статистических задач проводились на ЭВМ СМ-4 в вычислительной лаборатории кафедры полезных ископаемых геологического факультета МГУ.

Научная новизна и практическая ценность работ. В результате детального геологического картирования, петрографических

1984



и петрохимических исследований в пределах месторождения были выделены вулканогенные образования, соответствующие капутджухской и гехакарской свитам. На основании впервые примененного структурно-петрофизического анализа для месторождений района была установлена ведущая роль зон повышенной трещиноватости северо-восточного простирания в локализации полиметаллического оруденения. Минералогические исследования с использованием рентгеноспектрального микроанализатора позволили выявить в рудах месторождения 10 ранее не описанных минералов. Проведенные рентгеноспектральные анализы геокронитов и бурнонитов показали возможность существования в природе квази непрерывных изоморфных рядов норданит-геокронит-шуйцит и бурнонит-велигманит. Изучение структурно-текстурных особенностей и пространственно-временных взаимоотношений на макро- и микроуровнях позволило выявить два этапа минерализации с соответствующими стадиями. Был разработан новый подход для выявления скрытой минералогическо-геохимической зональности, в результате чего была установлена приуроченность  $Ag$ -содержащих тетраэдритов к раздувам рудных тел, а теннантитов к их флангам. По восстановленным полям палеотектонических напряжений была реконструирована история формирования структуры месторождения и тектонический режим локализации месторождения. Предложены практические рекомендации по направлению поисковых работ в районе месторождения.

Апробация работы. По теме диссертации опубликовано 7 статей. Основные результаты исследований докладывались на X (апрель, 1983) и XI (апрель, 1984) конференциях молодых ученых МГУ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, трех разделов, девяти глав и заключения, общим объемом 249 страниц, из них 148 машинописного текста, иллюстрирована схемами, диаграммами, таблицами и фотографиями. Список литературы включает 152 наименования.

Основные защищаемые положения:

I. Марджанское полиметаллическое месторождение локализовано в верхах капутджухской - низах гехакарской свит. Среднеэоценовые андезиты, слагающие месторождение рассматриваются в составе капутджухского вулканогенного комплекса, а верхнеэоцено-олигоценные (?) туфобрекчи андезитовых порфиритов - в составе гехакарской свиты. Строение месторождения осложняют дорудные дайки диорит-порфиритов габбро-монзонит-сиенитового интрузива.

живного комплекса, пострудные дайки кварц-порфиров, связанные с первым периодом неогенового вулканизма, а также субвулканические тела базальтов, рассматриваемые в составе миоцен-среднеплиоценовой андезит-дацитової формации (салвардский вулканоногенный комплекс).

2. Одним из ведущих факторов, контролирующих оруденение на месторождении, явились различные по масштабам петрофизические барьеры на сочленениях пород, слагающих жесткие блоки и зоны высокопроницаемых и хрупких образований. Наряду с общепринятым комплексом методов исследований при ведении поисково-разведочных работ рекомендуется использовать структурно-петрофизический анализ и в процессе работы особое внимание обращать на участки сочленения жестких блоков и зон высокопроницаемых и хрупких пород, рассматривая их как потенциально рудоносные петрофизические аномалии.

3. Эндогенное рудообразование на месторождении происходило в два этапа: полиметаллический и реальгер-азуригитовый. Продуктивным является полиметаллический этап, в течение которого отложение руд протекало на фоне общего понижения температуры от 275° до 70°С и ниже. В пределах этого этапа выделяется 7 стадий минерализации. В рудах месторождения впервые установлены сильванит, дифренуазит,  $S_2$ -дифренуазит, зелигманнит, твиннит, цинкениит,  $As$ -цинкениит, марказит, эваргит и барит, диагностированные при помощи рентгеноспектральных анализов. Обосновывается возможность существования в природе непрерывного изоморфного ряда норданит-геокронит-шультит, а также наличие полного бурнонит-зелигманнитового твердого раствора.

4. В пределах третьей продуктивной стадии минерализации по изменению химического состава блеклых руд в пространстве установлена скрытая минералого-геохимическая зональность четвертого (зональность монозерен) и первого (зональность рудных тел) порядков. Впервые для выявления зональности рудных тел был использован кластерный анализ, позволивший выявить наиболее приближенную к реальной картину закономерного распределения блеклых руд различного состава в пространстве. Аналогичная зональность впервые была установлена по изменению химического состава бурнонит-зелигманнитового твердого раствора.

5. Структура месторождения формировалась в три тектонических этапа. Первый этап соответствует предороженному ( $P_2 - P_3$ )

времени, в течение которого происходило формирование Дастакертской антиклинали. Второй этап - раннеорогенному ( $P_3 - N_1^5$ ), характеризуется магматической деятельностью и локализацией полиметаллического оруденения. Третий этап - позднеорогенному ( $N_1^5 - Q$ ), в течение которого происходило внедрение субвулканических тел базальтов, подновление уже существующих структур и развитие реалгар-аурипигментовой минерализации. Формирование полиметаллического оруденения во втором этапе протекало при пульсационном характере сжимающих усилий северо-западного простирания, которые обусловили 7 тектонических подстадий, соответствующих стадиям минерализации. В целом для месторождения интрузивная и рудная деятельность обусловлена общим геодинамическим режимом с сжимающими усилиями северо-западного простирания.

Диссертация выполнена на кафедре полезных ископаемых геологического факультета МГУ. Автор выражает глубокую признательность заведующему кафедрой академику В.И.Смирнову за постоянное внимание и строгий контроль на всех этапах подготовки диссертации. Диссертационная работа была выполнена благодаря постоянной поддержке и помощи профессоров Г.Ф.Яковлева, Н.И.Бремина, доцентов В.В.Авдонина, Н.Н.Шатагина, ст.науч.сотр.: Т.Я.Гончаровой, А.Л.Дергачева, Ю.И.Демина, Н.Е.Сергеевой, В.И.Старостина, канд.г.-м.н. Н.В.Поздняковой, асс. Т.А.Филициной, ст.инж. Л.И.Ватутиной, Ю.Г.Гудкова. Перечисленным лицам, а также всем сотрудникам и аспирантам кафедры полезных ископаемых автор выражает свою благодарность. Автор благодарит также за консультации доц.Г.И.Бочарову, ст.н.сотр. Г.П.Кудрявцеву (кафедра минералогии) и сотрудника кафедры инженерной геологии А.Ю.Сасова. Автор приносит искреннюю благодарность за содействие в организации полевых работ и за ценные советы член-корреспонденту АН АрмССР А.Т.Асланяну, докторам г.-м.н. К.А.Карамяну, А.И.Карапветяну, канд.г.-м.н. А.А.Авакяну, О.П.Гувиджяну, Р.Т.Джрбашяну, Р.Н.Таяну, а также А.М.Авакян, а также всему коллективу Загегурской н.и.базы ИГиН АН АрмССР. Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам Марджанской ГРП УГ АрмССР и особенно начальнику партии Р.Р.Шахбазяну за оказанную поддержку в сборе фактического материала. Автор благодарит также В.А.Лычакову (УДН), В.Ю.Прокофьеву (ГЕОХИ), А.Я.Самсонову (НИИ

Зарубежгеологии) и С.Г.Соловьеву (ВИМС). Особую признательность и благодарность автор выражает своему научному руководителю кандидату геолого-минералогических наук доц. Ю.С.Бородаеву.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе первого раздела кратко освещена история изучения Зангезурского рудного района, в частности Сискианского рудного узла (Карпетян, 1982), в пределах которого локализовано Марджанское полиметаллическое месторождение. Во второй главе описывается геологическое строение района, где рассматриваются стратиграфическое расчленение отложений, характер и последовательность развития магматической деятельности, а также основные точки зрения на тектоническую эволюцию района. Сведения по вышеуказанным вопросам черпались из работ А.Абиха, В.Н.Котляра, А.Т.Асланяна, А.А.Габриеляна, И.Г.Магакяна, Е.Е.Милановского, С.С.Мкртчяна, В.Е.Хачина, К.Н.Паффенгольца, К.А.Карамяна, А.И.Карпетяна, А.И.Адамяна, Э.Х.Гуляна, Р.Т.Джрбашяна, М.П.Исаенко, Б.М.Меликсетяна, Т.Ш.Татевосяна, Р.Н.Таяна и др. Во втором разделе описаны методики проведенных исследований, результаты которых легли в основу настоящей работы. В третьем разделе в 7 главах рассматривается геологическое строение, руды и петрофизические особенности Марджанского полиметаллического месторождения. Краткое изложение содержания последнего раздела приводится ниже.

#### Геологическое строение Марджанского месторождения

Низы разреза Марджанского месторождения (Кукулян, 1985) сложены серо-голубыми андезитами порфировой структуры с крупными выделениями (0,2 мм) кристаллов полевого шпата. Эти породы по структуре, характеру выделений, а также по химизму соответствуют андезитам капутджухской свиты ( $P_2^2$ ). Выше по разрезу залегают туфобрекчии андезитовых порфиритов. Это в основном мелкообломочные породы, состоящие преимущественно из обломков андезитовых порфиритов и в меньшей степени обломков кристаллов плагиоклаза. Рассматриваемые породы, имеющие пологое залегание ( $15-20^\circ$ ), несогласно перекрывает отложения капутджухской свиты. По нашему мнению, данная толща по характеру залегания, форме и составу обломков соответствует аналогичным отложениям гехаркарской свиты ( $P_2^3 - P_3(?)$ ).

Дайковый комплекс на месторождении представлен образованиями диорит-порфиритового и кварц-порфиритового составов. Дайки диорит-порфиритов прорывают отложения кагутджухской и гехакарской свит и перекрываются миоценовыми отложениями биченагской (салвардской свиты). Являясь хорошо выдержанными телами, они круто падают на СВ  $50-80^{\circ}$  и ЮЗ  $230-260^{\circ}$  и выполняют сколоновые структуры с простиранием  $320-350^{\circ}$ . Эти дайки, мощностью от 5-6 до 15-16 м, часто разветвлены и несут наложенное полиметаллическое оруденение и гидротермально изменены. С нашей точки зрения эти дайки являются жильными образованиями II этапа габбро-монцит-сиенитового интрузивного комплекса, выделенного К.А. Карамяном и др. (1974). Дайки кварц-порфиритового состава, обнажаясь на СЗ-фланге месторождения, прорывают все ранние отложения и перекрываются породами сисианской глинисто-диатомитовой толщи. Они относятся нами к жильным породам первого периода неогенового вулканизма (Карамян, 1978). Наиболее поздними образованиями на участке месторождения являются субвулканические тела базальтов сложной морфологии, относимые нами к миоцен-среднеплиоценовой андезит-дацитовой формации (Джрбачян и др., 1976).

#### Петрофизические условия локализации оруденения

Для определения роли физико-механических свойств пород в локализации оруденения, нами отбирались образцы по равномерной сетке профилей, а также по двум профилям, параллельным простиранию рудных тел, и по двум - в крест их простирания. В.И. Старостинным (1979) было установлено, что зоны резких изменений комплексного петрофизического коэффициента (Кпк) характерны для пород с повышенной пластичностью и проницаемостью для рудоносных растворов. Изучение характера распределения значений Кпк (Кукулян, 1984) на центральном участке месторождения позволило выявить сочетание двух систем разрывного характера СЗ- и СВ-простираний. Указанные системы разрывных нарушений образуют зоны резких изменений величин Кпк. В соответствующей петрофизической обстановке выявленные зоны гидротермально-метасоматической и тектонической переработки оказались более хрупкими и проницаемыми для рудоносных растворов. Они ограничивают развитие рудных тел по простиранию и падению, выделяют участки пород с иными физико-механическими характеристиками и являются,

видимо, петрофизическими барьерами оруденения. Принимая во внимание существование таких зон и образование внутри них систем трещин, можно предположить, что из рудоносных растворов, циркулирующих по зонам более пластичных и проницаемых пород, не происходило отложение промышленно-ценных компонентов. Образование крупных скоплений руды в виде продуктивных жил имело место лишь в структурах СЗ-простираания, приуроченных к участкам пород с оптимальными условиями рудоотложения.

При помощи кластерного анализа по петрофизическим, геохимическим и объединенным петрофизическо-геохимическим характеристикам рудовмещающие породы на дендрографах разделились на соответствующие группы, изучение которых позволило на основании определенного родства этих групп выявить комплексы пород, слагающие жесткие блоки и зоны с высокими фильтрационными и низкими упруго-прочностными свойствами. Жесткие блоки ограничивают развитие рудных тел по простиранию и падению и характеризуются низкими фильтрационными и высокими упруго-прочностными свойствами, а также привнесом  $Co$ ,  $Ni$ ,  $Cr$ ,  $Mn$ ,  $Zn$ ,  $Ti$ ,  $Se$  и  $Ba$ . Для высокопроницаемых зон отмечается вытянутость в северо-западном и северо-восточном направлениях, а также обогащение  $Cu$ ,  $Pb$ ,  $Lin$ ,  $V$ ,  $Ga$  и  $U$ . Сопоставление и анализ площадей развития петрофизических, геохимических и петрофизическо-геохимических комплексов на участке месторождения позволил сделать следующие выводы: 1) по простиранию и падению рудные тела ограничиваются жесткими блоками, которые представляют собой плотные непроницаемые породы и имеют иногда клиновидную конфигурацию; 2) рудные тела локализованы на сочленениях жестких блоков и зон с высокими фильтрационными и низкими упруго-прочностными свойствами слагающих их пород; 3) на сочленениях зон и блоков пород складывались оптимальные условия для заложения структур северо-западного простирания и дальнейшего формирования оруденения; 4) развитие указанных сочленений на западных и в меньшей степени на юго-восточных флангах месторождения позволяет рассматривать их как наиболее благоприятные для локализации полиметаллического оруденения.

#### Структура месторождения

Марджанское месторождение локализуется в верхах второго структурного этажа Зангезурского рудного района (Карамян, 1975)

и расположено в пределах Баргушатского блока II порядка. На западе он отделяется от Нахичеванского блока I порядка Салвард-Орду-бадским глубинным разломом, а на востоке - Кирским разломом II порядка (Таян и др., 1976). Зооценовые вулканогенные породы слагают Дастакертскую антиклиналь СЗ-простираия, в КЗ-крыле которой локализуется месторождение. В результате съемочных работ удалось выявить две основные системы трещин и крупных нарушений. Первая система наиболее ярко проявлена на месторождении и объединяет все крупные сколовые структуры и опоряющие их трещины. Это как правило, структуры северо-западного, реже близмеридионального простирания от  $340^{\circ}$  СЗ до  $5^{\circ}$  СВ с общим падением как на СВ, так и на КЗ. Они представляют собой линейно вытянутые структуры длиной от первых десятков сантиметров (опоряющие) до 1000 м (основные). К этой системе трещин приурочены мощные разновозрастные дайковые комплексы и оруденение. Вторая система трещин имеет ярко выраженное СВ-простираие и представлена на месторождении двумя зонами повышенной трещиноватости, ограничивающими развитие рудных тел на месторождении с севера и юга. Первая образует слабо проявленную линейно вытянутую зону трещиноватости северо-восточного простирания. Хорошо дешифрируемая на аэрофотоснимках, она до настоящего времени оставалась вне поля зрения исследователей месторождения. Вторая зона трещиноватости того же простирания ограничивает центральный участок с юга и выражена несколько ярче первой. Здесь картируется левый сдвиг дайки диорит-порфиритов с амплитудой 10-15 м, не смещающий рудное тело 6. Таким образом, структура месторождения представляет собой юго-западное крыло антиклинальной складки, осложненное зонами повышенной трещиноватости в крест и по простиранию ее оси. Сопоставление данных структурно-петрофизических исследований с геологическими наблюдениями и анализом трещиноватости, а также выявление сопряженных систем разновозрастных даек различного состава, рудных жил, прожилков и сколовых нарушений, позволяет однозначно рассматривать структуры центрального участка месторождения, как сложную полиэтапную систему.

#### Морфология рудных тел

В пределах центрального участка месторождения выявлено 6 рудных тел, прослеженных по простираниям щурфами и канавами,

а на глубину сиважинами. Четыре из них вскрыты штольнями на двух горизонтах. Все рудные тела сопровождаются зонами приконтактовых околорудных изменений, мощность которых колеблется соответственно мощности кварц-полиметаллических жил. Вскрытые на гор. 2370 м рудные тела № 1, 2, 4 представлены ярко выраженными кварц-полиметаллическими жилами с четкими, часто тектоническими контактами с вмещающими породами. Все вскрытые рудные тела на этом горизонте характеризуются общим СЗ-простиранием и почти параллельны друг другу. Они падают как на СВ, так и на ЮВ, сохраняя при этом крутой угол падения. Для вскрытых рудных тел характерны чередующиеся раздувы и пережимы. У рудного тела № 1 картируются два раздува ( $H \sim 4$  м) и соответственно три пережима ( $H \sim 50$  см). Вскрытые на гор. 2250 м рудные тела № 1 и 6 по сравнению с рудными телами, прослеженными на гор. 2370 м, несколько изменяются по характеру оруденения. Рудное тело № 1 представляет собой сильно раздробленную зону с широко развитыми глинками трения и обломками мелких прожилков с кварц-полиметаллическим оруденением мощностью более 20 м и падением на северо-восток. Рудное тело № 6 приурочено к дайке диорит-порфиритов. Оно представляет собой жильную зону, состоящую из маломощных рудных прожилков. Оконтуренное по границам околорудных изменений, оно на участках пересечения со штремом достигает видимой мощности 35-40 м. Это тело при СЗ-простирании круто падает на северо-восток.

Таким образом, все рудные тела на месторождении представляют собой линейно-вытянутые кварц-полиметаллические жилы и прожилки СЗ-простирания. На горизонте 2370 м это ярко выраженные кварцево-рудные жилы с характерными раздувами и пережимами. Рудные тела на горизонте 2250 м представлены мощными жильными зонами, оконтуренными по околорудным изменениям. Оруденение здесь развивается в виде маломощных рудных прожилков, сохраняющих общее СЗ-простирание зоны.

#### Состав и структурно-текстурные особенности руд, последовательность рудоотложения

По составу рудные тела Марджанского месторождения представляют собой ярко выраженный кварц-полиметаллический тип оруденения. В рудах месторождения в различной степени развиты пирит, сфалерит, галенит, пирротин, халькопирит, антимонит, блеклые

руды, бурнонит, геокронит, буланжерит, реальгар, аурипигмент и кальцит. В процессе работы на рентгеноспектральном микроанализаторе автором впервые в рудах месторождения были установлены силванит, дифренуазит,  $Sb$ -дифренуазит, зелигманнит, твиннит, цинкениит,  $As$ -цинкениит, марказит, энаргит и барит. Для пирита, сфалерита, блеклых руд и халькопирита установлены несколько генераций. В блеклых рудах второй генерации выявлены колебания минералообразующих элементов  $Cu$  от 23,94 до 49,10 вес.%,  $Fe$  - от 0,0 до 2,90,  $Zn$  - от 0,0 до 9,90,  $Ag$  - от 0,0 до 20,00,  $Cd$  - 0,0-1,00,  $As$  - 0,29-22,80,  $Sb$  - 0,0-28,78;  $S$  - 22,88 до 32,73 вес.%. Установленная С.И. Дебедевой (1977) зависимость микротвердости блеклых руд от их сурьмянистости нашла подтверждение в наших исследованиях. Микротвердость рассматриваемых образований по нашим данным колеблется в интервале от 100,93 кгс/мм<sup>2</sup> в тетрадритах до 676,56 кгс/мм<sup>2</sup> в теннантитах и находится в определенной зависимости от содержания  $Ag$  в данном зерне. Для блеклых руд второй генерации была также выявлена неоднородность состава монокристаллов, проявившаяся в смене сурьмянистых зон на мышьяковине от центра к периферии. В зональных монокристаллах этих минералов установлена значимая корреляционная связь в парах  $Ag-Cu$  (-0,94) и  $As-Sb$  (-0,97) в 1% доверительном интервале.

При рассмотрении изоморфного ряда, крайним мышьяковым членом которого является иорданит (Douglas et al, 1954), геокронит считался изоструктурным  $Sb$ -содержащим аналогом иорданита. На основании вычислений параметров элементарной ячейки геокронита и иорданита доказывалось существование ограниченного твердого раствора геокронита с минимальным коэффициентом мышьяковистости  $\frac{As}{As-Sb} = 0,33$  (Biznie et al, 1976). Проведенные 20 рентгеноспектральных анализов геокронитов Марджанского месторождения выявили отдельные индивиды этих минералов с коэффициентом мышьяковистости, равным 0,25 и 0,15, что показало возможность существования в природе квазинепрерывного изоморфного ряда иорданит-геокронит-шүлцит.

Наличие твердого раствора между изоструктурными бурнонитом и зелигманнитом предполагалось многими авторами, но до настоящего времени был выявлен их твердый раствор с максимальной мышьяковистостью 0,54 (Wu et al, 1977). На основании

28 рентгеноспектральных анализов бурнонитов из руд исследуемого месторождения были выявлены зерна с коэффициентом мышьяковистости, превышающим указанный максимум. У двух зерен этот коэффициент достигал 0,72 и 0,82. Это позволяет достаточно уверенно говорить о существовании полного бурнонит-зелигманитового твердого раствора (Кукулян, 1985).

На основании изучения пространственно-временных взаимоотношений на макро- и микроуровнях рудных жил и прожилков рассматриваемого месторождения автору представляется возможным выделить в формировании руд два этапа: ранний - полиметаллический и поздний - реальгар-аурипигментовый (Кукулян, 1983). Продуктивным для месторождения является полиметаллический этап, в пределах которого нами выделяется 7 стадий минерализации (Кукулян, 1985). 1. В первую стадию минерализации выпадает пирит, выполняющий в основном маломощные (Н до 5 см) оперяющие структуры главных рудных тел. Эти руды характеризуются равномерной зернистой структурой и брекчиевой тектурой. 2. Во вторую стадию минерализации выделяются пирит-П, сфалерит-1, шпротин, блеклые руды-1, и халькопирит-1, локализованные главным образом в зальбандах рудных тел, реже образующие самостоятельные прожилки. Для продуктов этой стадии характерно образование структур дробления и брекчиевых текстур. 3. Кварц-сфалерит-галенитовая стадия на месторождении представлена наиболее широко и является главной продуктивной. В эту стадию выделяются пирит-Ш, сфалерит-П, галенит, блеклые руды-П и халькопирит-П, слагающие главные рудные тела. Они образуют неравномернозернистую структуру и характеризуются прожилково-вкрашенной текстурой. 4. Образования сульфосолевой стадии представлены сульфантимонитами и мышьяковыми сульфантимонитами свинца. Выделяются эти минералы в строго определенном порядке (Кукулян, 1983), начиная с разностей богатых свинцом. Они образуют каемки замещения вокруг галенита и часто развиваются по плоскостям сплюсности последнего. 5. Продукты кварц-карбонатной стадии развиты на месторождении ограниченно и проявляются как правило, в осевой части рудных тел, где кварц и кальцит цементируют все минеральные образования ранних стадий. Для продуктов этой стадии характерно образование кристификационных текстур. 6. Продукты антимонитовой стадии развиты на месторождении слабо и образуют самостоятельные прожилки,

представленные антимонитом с включениями цинкениита и  $As$ -цинкениита. Последние часто образуют скопления в пустотах среди продуктов предыдущих стадий, выделяясь в виде войлокообразных, спутанноволокнистых агрегатов (Кукулян, 1982). 7. В завершающую стадию полиметаллического этапа минерализации выделяется барит, образующий скопления в осевых частях рудных тел и замещающий антимонит.

Проведенные исследования газовой-жидких включений в кварце, сфалерите и барите показали, что отложение руд в течение рассматриваемого этапа происходило на фоне общего понижения температуры от 275 до 70°C и ниже.

Изучение термодинамических условий среды минералообразования в пределах продуктивной стадии минерализации показало, что рудоотложение протекало на фоне слабого уменьшения активности серы от  $10^{-1,9}$  до  $10^{-8,8}$  атм.

Реальгар-аурипигментовый этап представлен на месторождении одной стадией минерализации. Ее продукты, представленные реальгаром, аурипигментом, марказитом и энаргитом, локализируются в сколовых структурах, по которым смещены рудные тела, сложенные продуктами предыдущего этапа.

#### Скрытая минералого-геохимическая зональность

В результате проведенных 82 рентгеноспектральных анализов блеклых руд-II исследуемого месторождения автором выявлена скрытая минералого-геохимическая зональность 2-х порядков, установленная Н.И.Ереминым (1985) для различных генетических типов месторождений. Зональность самого низкого четвертого порядка, обусловленная закономерным изменением химического состава монозерен блеклых руд, проявляется в развитии сурьмянистых разновидностей рассматриваемых образований в центрах монозерен, а мышьяковых на периферии. Зональность первого порядка установлена нами во всех подсеченных выработках рудных тел. Для выявления этой зональности автором впервые был использован кластерный анализ, в результате чего все блеклые руды, с известным химическим составом, объединенные в точки наблюдения, были разделены на три группы. Анализ полученного дендрографа и пространственного распределения точек наблюдения позволил установить приуроченность групп к определенным морфологическим формам рудных тел. На горизонте 2370 м к разду-

вам рудных жил приурочиваются точки наблюдения, выделившиеся в третью группу и характеризующиеся  $Ag$ -содержащими тетраэдритами. В пережиге рудного тела № I отмечаются тетраэдрыты с незначительными содержаниями  $Ag$  (II группа), а на флангах жил развиваются теннантитовые разности (I группа). На гор. 2250 м установлена неповторяющаяся зональность, проявившаяся в виде южной мышьяковой и центральной сурьмяной зон - соответственно первая и вторая группы точек наблюдений.

Установленную зональность, проявившуюся в изменении среднего номера блеклой руды, можно отнести к зональности II-го типа, выделенного Н.Н.Мозговой и А.И.Целиным (1983).

Учитывая различную степень подвижности ионов (Еремин, 1985), а также закономерную пространственную приуроченность сурьмяно-серебряных зон к раздувам рудных жил, последние, видимо, можно рассматривать как соответствующие центру гидротермальной системы, откуда происходило поступление минералообразующего раствора в рудолокализирующую полость. На основании аналогичных корреляционных связей между  $Cu$  и  $Ag$  и  $As$  и  $Sb$  в выделенных группах и зональных монозернах блеклых руд, можно предположить, что рост зональных зерен и изменение химического состава блеклых руд по простиранию жил подчинялись одному и тому же механизму и происходили в одних и тех же физико-химических условиях. Последнее позволяет рассматривать направление изменения процесса от центра к периферии, а изменение химического состава блеклых руд как результат эволюции среды минералообразования в процессе фильтрации (Мозгова, Целин, 1983).

При помощи кластерного анализа в рудном теле № 4 была установлена скрытая минералого-геохимическая зональность по изменению химического состава бурнонит-зеллигманнитового твердого раствора, проявившаяся в развитии сурьмяных разностей в раздуве рассматриваемой рудной жилы, а мышьяковых на ее флангах (Кукулян, 1985).

#### Геодинамические условия формирования

На основании структурно-петрофизических (Старостин, 1984) и тектонофизических (Гзовский, 1975) исследований, а также на основании геолого-структурных наблюдений нами установлены 3 основных тектонических этапа и соответствующие им стадии формирования структуры месторождения. Используя обширный литературный мате-

риал, освещающий режим развития Зангезурского рудного района, и совмещая его с проведенными наблюдениями, можно предположить (Кукулян, 1985), что первый тектонический этап соответствует предорогенному ( $P_2 - P_3$ ) времени, второй - раннеорогенному ( $P_3 - N_1^3$ ), а третий - позднеорогенному ( $N_1^3 - Q$ ) (Милановский, Короновский, 1973; Таян и др., 1975). Установленный А.Т. Асаянцом (1958) иранский возраст главной фазы складчатости в Зангезурском рудном районе на Марджанском месторождении сохраняется. В течение первого этапа происходит интенсивные процессы складкообразования, обусловленные режимом северо-восточного сжатия и северо-западного растяжения, формируется Дастакертская антиклиналь. Второй этап характеризуется инверсией тектонических усилий, приобретающих северо-западное направление сжатия и северо-восточное направление растяжения на начальных стадиях развития и близмеридиональных сжимающих и субширотных растягивающих - на заключительных. Такой тектонический режим обуславливал последовательное внедрение даек диорит-порфиритов, формирование полиметаллического оруденения и, на заключительной стадии - внедрение даек кварц-порфирового состава. Формирование полиметаллического оруденения на этом этапе протекало при пульсационном характере сжимающих усилий северо-западного простирания, которые обуславливают 7 тектонических подстадий, соответствующих стадиям минерализации. Третий этап характеризуется возобновлением северо-западных сжимающих усилий и северо-восточных растягивающих на начальных стадиях и близмеридиональных сжимающих и субширотных растягивающих - на заключительных. В течение этого этапа имело место последовательное внедрение субвулканических тел базальтов и подновление уже образованных северо-восточных и северо-западных систем нарушений, а также локализация недромышленного реальгар-аурипигментового оруденения. В целом для месторождения интрузивная и рудная деятельность обусловлена общим геодинамическим режимом с сжимающими усилиями северо-западного простирания.

Таким образом возраст полиметаллического оруденения нами рассматривается как олигоцен-верхне-миоценовый; оно, видимо, было парагенетически связано с Аравусской гранитоидной интрузией, не обнажающейся в пределах месторождения, выходы которой картируются в 3-5 км к северу от участка. Наложенное реальгар-аурипигментовое оруденение скорее всего связано с миоценовым-

ми субвулканическими телами базальтов, андезитов-дацитов и дацитов (Карамян, 1983; Карапетян, 1982).

### Заключение

1. Среднеэоценовые андезиты и верхнеэоцен-олигоценные (?) туфобрекчи андезитовых порфиритов, слагающие Марджанское полиметаллическое месторождение, по характеру залегания, петрографическим и петрохимическим особенностям соответствует аналогичным образованиям капутдукской ( $P_2^2$ ) и гехакарской ( $P_2^3-P_3$ ?) свит. Дайковый комплекс диорит-порфиритов, пользующийся на месторождении широким развитием, рассматривается нами как продукт II этапа габбро-монзонит-сиенитового интрузивного комплекса, а дайки кварц-порфиров - как жильные породы первого периода неогенового вулканизма. Субвулканические тела базальтов, прорывающие все ранние отложения, относятся нами к образованиям миоцен-среднемиоценовой андезито-дацитовой формации (салвардский вулканогенный комплекс).

2. На месторождении ведущую роль в локализации ступенения играют петрофизические барьеры. Установлен коррелирующий друг к другу характер петрофизических, геохимических и петрофизико-геохимических комплексов, а также приуроченность рудных тел к сочленениям жестких блоков, представленных плотными не проницаемыми породами, и зон, сложенных высокопроницаемыми хрупкими образованиями. В свете вышеизложенного предлагается рассматривать в качестве перспективных на поиск рудных тел западные и в меньшей степени ЮЗ-фланги месторождения.

3. Рудные тела на месторождении формировались в два этапа. Отложение руд продуктивного полиметаллического этапа, по данным изучения температур гомогенизации газовой-жидкой включений в разностадийных кварцах, сфалерите и барите, происходило при общем понижении температуры их формирования от  $275^{\circ}$  на ранних стадиях, до  $70^{\circ}\text{C}$  и ниже - на поздних. Основное количество минералов, представляющих промышленную ценность месторождения, выделялось в пределах 3-ей стадии минерализации полиметаллического этапа. Анализ эволюции термодинамических условий рудоотложения в течение этой стадии доказал, что процесс шел на фоне слабого уменьшения активности серы от  $10^{-1,9}$  до  $10^{-8,8}$  атм.

4. В рудах месторождения установлены силванит, дифренуазит,  $Sb$ -дифренуазит, зелигманнит, цинкит,  $As$ -цинкит, твиннит, марказит, энгрит и барит, диагностированные при ком-

щи рентгеноспектрального анализа. Установлена возможность существования в природе квазинепрерывного изоморфного ряда жорданит-геокронит-шульцит, а также наличие полного бурнонит-зелигманнитового твердого раствора.

5. При помощи кластерного анализа выявлено закономерное изменение химического состава блеклых руд в пространстве, проявившееся в развитии  $Ag$ -содержащих тетраэдритов в раздувах, тетраэдритов с незначительными содержаниями  $Ag$  в пережимах, а теннантитов - на флангах рудных жил. Аналогичные корреляционные связи  $Cu$  и  $Ag$  и  $Ag$  и  $Sb$  позволяют предположить, что рост зональных монозерен и изменение химического состава блеклых руд по простиранию жил, подчинялись одному и тому же механизму и происходили в тех же физико-химических условиях. Установлена скрытая минералого-геохимическая зональность по изменению химического состава бурнонит-зелигманнитового твердого раствора, проявившаяся в развитии сурьмяных разностей в раздувах, а мышьяковых - на флангах рудных жил. Выявленную скрытую минералого-геохимическую зональность первого и четвертого порядков необходимо учитывать для правильной эксплуатации месторождения, а также при выборе верной производственно-технологической схемы извлечения полезных компонентов.

6. В истории формирования структуры месторождения выявлено три тектонических этапа. Первый этап соответствует предорогенному ( $P_2 - P_3$ ) времени, в течение которого происходило формирование Дастакертской антиклинали. Второй - раннеорогенному ( $P_3 - N_1^3$ ), характеризующегося магматической деятельностью и формированием полиметаллического оруденения. Третий этап соответствует позднеорогенному ( $N_1^3 - Q$ ), в течение которого происходило внедрение субвулканических тел базальтов, подновление уже существующих структур и развитие реальгар-аурипигментовой минерализации. Формирование полиметаллического оруденения во втором этапе протекало при пульсационном характере сжимающих усилий северо-западного простирания, которые обусловили 7 тектонических подстадий, соответствующих стадиям минерализации. Разработанную схему формирования структуры месторождения рекомендуется использовать при разведочных работах и поисках перспективных участков.

Список работ автора, опубликованных по  
теме диссертации:

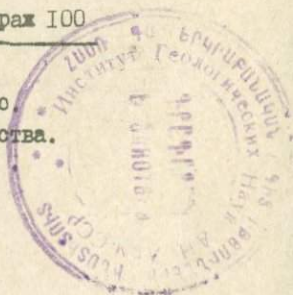
1. Цинкениит и самсейит в рудах Марджанского месторождения (Арм.ССР). - Изв. АН Арм.ССР, сер. "Науки о Земле", т. XXV, № 5, 1982
2. Последовательность выделения сульфоантимонитов свинца и условия их кристаллизации на примере Марджанского полиметаллического месторождения. - Изв. АН Арм.ССР, сер. "Науки о Земле", т. XXVI, № 5, 1983
3. Некоторые вопросы последовательности процессов рудоотложения на Марджанском полиметаллическом месторождении. - В сб.: "Материалы X конференции молодых ученых МГУ", сер. "Геохимия и полезные ископаемые", 1983, ВНИИТИ, деп. № 6796-83.
4. Роль физико-механических свойств пород при локализации оруденения на Марджанском месторождении Армянская ССР. - В сб.: "Материалы XI конференции молодых ученых МГУ", сер. "Геохимия и полезные ископаемые", 1984, ВНИИТИ (в печати)
5. Геологическое строение и условия формирования Марджанского полиметаллического месторождения Армянская ССР. - Геология рудных месторождений, № 2, 1985
6. Булланиты Марджанского полиметаллического месторождения Армянская ССР. - Докл. АН СССР, 1985 (в печати).
7. Новые данные об изоморфных рудах юрданит-геокроунит-шувьцит и бурнонит-зелегманит. - Тезисы доклада. Годичная сессия Московского отд. ВМО, Звенигород, 1985 (в печати).

Заказ 159

ВФ 08905

Тираж 100

Объем I, Опеч. лист условно.  
Копировальное-множительное производство  
Ереванского института народного хозяйства.  
Ереван 25, ул. Абовяна 52.



1887

1887