

МЕДНО-  
ПОРФИРОВЫЕ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
АЛМАЛЫКА



ОФАН

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ УЗБЕКСКОЙ ССР  
СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ им. Х. М. АБДУЛЛАЕВА АН УЗССР  
АЛМАЛЫКСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ  
имени В. И. ЛЕНИНА

553.43+553.46

МЕДНО-ПОРФИРОВЫЕ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЛЫКА

1347



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФАН» УЗБЕКСКОЙ ССР  
ТАШКЕНТ — 1974



УДК 553.43+553.46+553.41 (575.11)

Коллектив. Медно-порфировые месторождения Алмалыка. Гашкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1974. Рис.— 21, табл.— 52, библи.— 156 назв.

В работе впервые обобщены результаты геолого-минералогических и геохимических исследований медно-порфировых месторождений Алмалыка и охарактеризованы перспективы их комплексного использования. Показано значение этих месторождений как по масштабности, так и большому комплексу главных и редких элементов руд (медь, молибден, золото, серебро, рений, селен, теллур, висмут и др.), что служит основанием для рекомендации снижения кондиций на главные компоненты руд. Даны перспективы совершенствования технологии добычи и комплексной переработки руд.

Монография рассчитана на широкий круг специалистов — геологов, обогатителей, металлургов и технологов, занимающихся проблемами изучения и использования эндогенных месторождений сложного состава.

#### *Редакционная коллегия*

Х. Т. Туляганов (*главный редактор*), В. Г. Гарьковец (*зам. главного редактора*), М. Р. Рамазанов (*зам. главного редактора*), С. Т. Бадалов (*зам. главного редактора*), И. М. Голованов (*отв. секретарь I части*), С. Г. Чунпхин (*отв. секретарь II части*), Т. Ш. Шаякубов, В. Ф. Викторов, Р. А. Мусин, В. Ю. Деды, И. И. Пляскин.

## ВВЕДЕНИЕ

В предлагаемой коллективной монографии впервые для Средней Азии приводится геолого-геохимическая и технологическая характеристика эндогенных сульфидных руд медно-порфировых месторождений Алмалыкского рудного района.

Монография является первой попыткой представить все важнейшие особенности рассматриваемых месторождений района — от их геологического строения, методов разведки и эксплуатации до возможностей наиболее полного использования всех полезных компонентов. Подобная работа особенно необходима в настоящее время в связи со снижением кондиций на главные компоненты руд, что должно сопровождаться резким увеличением добычи руд и повышением извлечения важнейших ценных элементов. Для решения этих проблем требуется обобщение имеющегося материала и создание обоснованных конкретных рекомендаций.

В решении поставленных задач принимали участие специалисты различных организаций — Министерства геологии УзССР, геологи Алмалыкской ГРЭ и САИГИМСа, Института геологии и геофизики АН УзССР, Средазнипроцветмета и Алмалыкского горно-металлургического комбината.

В монографии по техническим причинам не могли быть приведены многочисленные графические материалы, послужившие основой для некоторых заключений. В работе учтены главнейшие особенности геологического строения Алмалыкского рудного района, на основании которых намечены общие перспективы на медно-молибденовое оруденение, имеющее в своем развитии определенные закономерности.

Представление монографии оказалось возможным благодаря огромной работе, проделанной геологами и коллективом специалистов — технологов, металлургов, экономистов Министерства геологии УзССР и других организаций.

Выявление и разведка с детальным изучением руд месторождений Алмалыка дали интересные результаты, послужившие основой для строительства обогатительных фабрик и заводов в этом районе. В настоящее время Алмалыкский район с его Горно-металлургическим комбинатом является важнейшим в Средней Азии центром цветной металлургии с попутным извлечением комплекса редких элементов.

Авторы монографии представляют себе всю сложность стоявшей перед ними задачи и, несомненно, что наряду с вопросами, достаточно детально освещенными в работе, часть их осталась еще не вполне изученной. Последнее вызвано тем, что такая обобщающая работа монографического характера в Средней Азии представлена впервые. Решение этой весьма сложной проблемы будет во многом зависеть от обоснованности представленных рекомендаций, часть которых в настоящее время внедряется в соответствующих организациях.

Авторы работы будут весьма признательны всем специалистам за критические замечания по работе в целом и отдельным ее главам, которые могут быть учтены при дальнейшей детализации отдельных вопросов.

# Часть первая. ГЕОЛОГИЯ

## Глава I. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ АЛМАЛЫКСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

### ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Алмалыкский рудный район расположен в северных предгорьях Кураминского хребта на левом берегу р. Ангрэн. Промышленным центром района является г. Алмалык, находящийся в 65 км от г. Ташкента.

Рельеф района мелкохолмистый в северной части и предгорный с крутыми обрывистыми водоразделами между саями в южной. Высотные отметки с севера на юг постепенно увеличиваются (от 500—550 м вблизи р. Ангрэн до 1800—2000 м в южной и юго-восточной частях района). Медно-порфировые месторождения Алмалыка расположены на высоте 750—1350 м.

Алмалыкский рудный район, представленный медно-порфировыми, полиметаллическими и золоторудными месторождениями, — один из важнейших в Средней Азии.

Многие из известных в настоящее время месторождений и рудопоявлений района были выявлены еще в древности (IX—XI вв. н. э.), о чем свидетельствуют многочисленные древние выработки и шлаковые отвалы. Главнейшими полезными ископаемыми в то время были свинец, серебро, медь, золото и частично железо. Теперь к ним следует добавить цинк, молибден, кадмий, индий, рений, селен, теллур, серу, висмут и другие редкие элементы.

Алмалыкский район с севера ограничен р. Ангрэн, в которую впадает несколько притоков (с запада на восток): Каракия, Алмалык, Накпай, Саукбулак, Урغاز, Шаугаз, Абджаз и Кандыр. В летнее время эти притоки почти полностью пересыхают и поэтому р. Ангрэн служит основным источником воды в районе (поверхностный и подземный стоки).

Предгорья и горы покрыты растительностью, представленной в интервале 1400—2000 м арчой, а ниже — кустарниками и травой. Климат Алмалыка резко континентальный с температурой от +35—+40° летом до —25° зимой.

### ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ

Начало изучения и освоения недр Алмалыкского района уходит в глубь веков, о чем свидетельствуют многочисленные, подчас крупные древние выработки. Отметим, что в настоящее время в Кармазаре не известно почти ни одного более или менее крупного месторождения, которое бы не обрабатывалось в древности. Почти все месторождения и рудопоявления обнаружены по следам древних разработок, являющихся, таким образом, своеобразным поисковым признаком. В этом отношении Кармазарский район — наиболее интересный в Средней Азии. В районе сохранились следы горного промысла, появившегося еще до

арабского завоевания. Бурное же развитие его наступило в VIII в., с эпохи арабского завоевания, когда с ростом товарного хозяйства и кустарной промышленности увеличивалось денежное обращение и росла потребность в различных металлах. Горная промышленность, достигшая расцвета в Средней Азии в IX—X вв., стала приходить в упадок в конце XI в. и в XII в. полностью перестала существовать.

По данным М. Е. Массона, в то время юго-западное окончание Кураминского хребта (горы Кармазар) входило в состав подобласти Илак (округ Шаш). Первые достоверные сведения о разработках серебряно-свинцовых месторождений подтверждаются находками серебряных арабских монет, чеканенных в VIII—IX вв. в округе Шаш. В это время разрабатывались в основном месторождения серебра и свинца (Канжол, Канимансур и др.). Медь и железный блеск в долине р. Ангрэн и районе Алмалыка стали добывать позднее, о чем свидетельствует огромное количество шлаковых полей на территории нынешнего Ангрэн-Алмалыкского рудного района. В общем объеме горнорудного промысла всего Кармазарского района доля разработки месторождений северных склонов невелика — до 15%. В последние годы В. И. Киреев и Е. Б. Пругер обследовали довольно крупные древние выработки на Кальмакыре, Актурпаке, Гольдуране, Унгурликане, пройденные с целью добычи золота, меди и бирюзы. Глубина отдельных выработок достигает 110 м и более, а объем измеряется тысячами кубических метров.

Начало упадка горной промышленности Илака археологами отнесено к XI в. Некоторые данные свидетельствуют о добыче руд в Алмалыкском районе в XIV в. В XIX в. при кокандском хане Мухаммеде Али попытки добывать медь в Алмалыке не увенчались успехом. Медь была дороже привозной и работы прекратились до того времени, когда Российская империя завоевала Кокандское ханство (1865—1866 гг.).

Первые геологические исследования Кармазара выполнены Г. Д. Романовским, опубликовавшим свои данные в 1875 г. Тогда же (в 1875—1878 гг.) И. В. Мушкетов, проводя геологические исследования Средней Азии, посетил и юго-западную часть Кураминского хребта, которой впервые дал наименование «горы Кармазар». В начале XX в. многие частные предприниматели — Н. С. Назаров, В. Н. Томилин, Р. Р. Буб — начали разведку и частичную добычу руд в Алтынтопкане, Моголтау и Южном Кармазаре. В 1916 г. И. И. Бездека и др. предприняли попытку разведать Кансай.

Планомерное изучение рудных богатств Кармазара стало возможным только после Великой Октябрьской социалистической революции. Уже в 1918 г. С. Ф. Машковцев попытался провести геологическую съемку гор Кармазар, однако из-за басмачества он смог приступить к этой работе только в 1925 г. На геологической карте и в описании его работ, изданных позже, отмечены многочисленные поля древних работ, рудопроявления и месторождения, в том числе Кальмакыр и Кургашикан.

После публикаций С. Ф. Машковцева интерес к Кармазару резко возрос. Особенно же этому способствовало установление повышенной редкометальной минерализации в образцах из древнего рудника Табашар. В 1926 г. бывшим Геологическим комитетом организуется партия под руководством Б. Н. Наследова, разделившаяся в 1927 г. на три партии. В это время были зарегистрированы и описаны почти все известные тогда месторождения Алмалыкского района, выделенного Б. Н. Наследовым в самостоятельную металлогеническую единицу.

В 1928 г. Геологический комитет организует уже четыре самостоятельные геологоразведочные партии, одной из которых в районе Алма-

лыка были начаты под руководством Г. Г. Гудалина детальные исследования. Большие работы в эти годы (1930—1938 гг.) проводил А. В. Королев, особенно по разведке Кальмакыра и оценке Сарычеку.

В 1936 г. К. Н. Вендланд выполнил геологическую съемку Алмалыкского района; полученные данные позволили выяснить основные черты тектоники района, детально изучить каледонские магматические породы и установить предположительно верхнепалеозойский возраст рудных месторождений.

Большая роль в изучении Карамазара принадлежит Таджикско-Памирской экспедиции АН СССР, в которой принимали участие А. Е. Ферсман (1935), Д. И. Шербаков (1935), А. С. Уклонский и др. В 1938 г. Б. Н. Наследов и А. А. Петренко провели геологическую съемку в западной части Карамазара. Из-за малого количества обнажений съемка оказалась некондиционной, но все же благодаря ей удалось получить новые данные по стратиграфии карбонатных пород девон-карбона.

В 1946 г. партия Узбекского геологического управления под руководством С. Е. Прянишникова провела в пределах северных предгорий Кураминского хребта поиски на площади около 300 км<sup>2</sup>.

В 1947—1948 гг. Н. П. Васильковский закончил обобщающую работу «Стратиграфия и вулканизм верхнего палеозоя юго-западных отрогов Северного Тянь-Шаня» (1952), содержащую сводные схемы стратиграфии и магматизма, в последствии уточнявшиеся и изменявшиеся различными исследователями.

Крупномасштабные геологические съемки, охватывающие рудные поля и отдельные месторождения, выполнялись на всем протяжении изучения рудоносности района. В 1937 г. З. А. Васильева и А. Д. Каленов приступили к геологической съемке Кальмакыра и его окрестностей, но завершить ее не смогли. В 1948 г. Е. А. Зюзь-Яковенко вновь составлена геологическая карта Кальмакыра.

В 1953 г. И. Б. Федорова, В. Ф. Викторова, З. А. Алехина, В. Б. Тохсыров и Г. М. Заморин вели крупномасштабную геологическую съемку центральной части Алмалыкского района, охватившую площадь 100 км<sup>2</sup>, и закончили ее к 1960 г.

В период с 1955 по 1957 гг. Ю. С. Шихиним, Ж. Н. Кузнецовым, а позже В. А. Араповым (1960, 1965) и С. Х. Ходжаевым проводилась государственная геологическая съемка центральной части Алмалыкского района, в процессе которой составлено подробное описание и дано расчленение карбонатных пород и эффузивов верхнего палеозоя.

В 1957 г. начата государственная геологическая съемка восточной части Алмалыкского района под руководством Ф. Ш. Раджабова и Б. И. Сигалова. В восточной части Алмалыкского района в пределах северной перспективной полосы с 1968 г. начата и продолжается по настоящее время планомерная геологическая съемка, сопровождающаяся в значительном объеме картировочным бурением; цель ее — глубинные поиски месторождений. Съемка выполняется Т. С. Султановым под руководством Н. Н. Низаметдинходжаева.

Помимо перечисленных, на территории всех месторождений и многих рудопроявлений района проведены детальные и схематические крупномасштабные геологические съемки. В них принимал участие многочисленный коллектив алмалыкских геологов (В. П. Спирина, В. И. Грубов, В. С. Рогожин, Е. З. Мещанинов, И. И. Дабижа, В. П. Лунев и др.).

Одновременно с изучением геологического строения в районе постоянно проводились поисковые, оценочные и разведочные работы. Наиболее интенсивно разведывались медно-молибденовые, полиметаллические и золоторудные месторождения.

Месторождение К а л ь м а к ы р, отмеченное в 1925 г. С. Ф. Машковцевым, описано в 1927 г. Б. Н. Наследовым и в дальнейшем изучено Г. Г. Гудалиным, не оценившим его значения. Разведка месторождения по настоянию Б. Н. Наследова и рекомендациям М. П. Русакова и А. В. Королева началась в 1931 г.

Дальнейшие разведочные работы развернулись лишь после окончания Великой Отечественной войны. С 1949 г. начата разведка первичных сульфидных руд месторождения Кальмакыр, а также соседних месторождений Акчеку, Джаныбек, Балыкты, практически продолжающаяся до настоящего времени. В 1955 г. началась эксплуатация месторождения Кальмакыр, но разведочные работы на нем продолжались до 1966 г. В разведке и изучении Кальмакырского месторождения принимал участие многочисленный коллектив геологов: Ю. А. Арапов (1935), А. В. Королев (1937—1959), С. А. Денисов, Е. Р. Бутьева, Л. Г. Сандомирский, Н. Д. Курамшин, В. Н. Петров, О. А. Манучарянц, Б. К. Брешенков, Е. К. Тепикин, Н. В. Нечелюстов, Н. Д. Ушаков, А. А. Данильянц, И. П. Морозов, А. Б. Баталов, С. Т. Бадалов (1951—1973), М. Ф. Зенин, Ю. А. Сикстель, В. В. Гарбузов, Е. А. Михайлов, А. В. Пуркин, И. М. Голованов (1964—1972), А. С. Дойников, М. И. Георгиев, З. А. Васильева, А. Д. Каленов, К. П. Соколов, В. М. Мельниченко, К. Ф. Налетова, З. А. Королева, Б. В. Розина, Е. Б. Искюль, И. П. Петров, Ю. М. Юхтанов, В. Н. Кондаков, В. Ю. Деды, Е. А. Шередин, А. М. Лебедев, Л. Боква, Д. М. Богданович, Ф. Ш. Раджабов, М. И. Моисеева, А. С. Богатырев, А. Ф. Гончаров, А. П. Асанова, З. Г. Сескутова, Е. А. Зюзь-Яковенко, Е. Е. Плясовских, Л. А. Афанасьев, Г. М. Заморин, М. А. Батенев, В. В. Батенева, В. Б. Тохсыров, А. Ф. Зайченко и др.

Медно-молибденовое месторождение Дальнее имеет длительную и сложную историю открытия и разведки. Предположение о возможности здесь промышленного оруденения неоднократно высказывалось до и после Отечественной войны А. В. Королевым, а позже С. Т. Бадаловым и И. Б. Федоровой. В 1953 г. Е. Р. Бутьева изучила эту площадь на безрудность. Зафиксировав на ней забалансовые руды, она рекомендовала использовать площадь под отвалы бедных руд.

Промышленная ценность месторождения установлена после проверки выводов Н. Б. Вольфсона, В. Г. Гарьковца и А. Г. Хваловского по их геолого-геофизико-геохимическим исследованиям в Алмалыкском районе.

Медно-молибденовое месторождение Сарычеку выявлено Б. Н. Наследовым в 1927 г. Первую оценку ему дали в 1933 г. А. Б. Баталов и А. В. Королев. Разведочные работы здесь начаты лишь в 1955 г. Е. Р. Бутьевой и проводились при участии Г. М. Заморина, Л. Г. Мартыновой, М. А. Батенева, Г. С. Чуршукова, В. Ф. Викторова, И. М. Полумискова. В настоящее время месторождение подготавливается для промышленного освоения.

Успешное строительство Алмалыкского горно-металлургического комбината и ввод его в строй действующих стало возможным благодаря самоотверженной работе крупного коллектива, возглавляемого П. С. Поклонским, М. Р. Рамазановым, К. С. Цветковым, В. М. Прохоровым, В. Ю. Деды, А. В. Ивановым, В. Л. Арановичем, М. И. Притыкиным, Ю. Г. Егоровым, Е. И. Фоминым, Н. И. Бурцевым и другими.

Геологическое изучение и частично разведочные работы, как правило, велись с использованием геофизических методов. Первые геофизические исследования — электроразведочные по Зонденбургу в 1930 г., методом индукции в 1932 г. и методом естественного поля в 1933 г. — выполнялись по настоянию Б. Н. Наследова. Из-за несовершенства аппа-



ратуры результаты этих исследований были неопределенными и практически использоваться не могли.

Прошло довольно много лет прежде, чем геофизические методы заняли прочное место в арсенале исследователей. В 1952 г. И. И. Гринбаум определил методом ВЭЗ мощность наносов. В 1953 г. под руководством А. Г. Хваловского для поисков оруденения использованы методы комбинированного профилирования (магнито- и электроразведка) и заряженного тела. В 1954 г. А. М. Поликовский продолжил поиски методом индуктивных потенциалов и электротондирования; А. Г. Хваловский и М. А. Стожаров провели магнитометрическую съемку, а С. П. Сергеев — карротаж и инклинометрию скважин на Кургашинке. Рудный карротаж на Кальмакыре, выполненный А. А. Фельдманом, С. П. Сергеевым и Н. И. Пичугиным, не дал ожидаемых результатов. В 1958 г. В. И. Перепеленко и В. Ю. Деда проделали магнитометрические работы для поисков погребенных штоков. В 1960 г. В. И. Фадеев и В. Я. Лapidус продолжили их с целью глубинного картирования в комплексе с методом ВЭЗ. В дальнейшем широкое применение получают методы сейсморазведки (В. Я. Лapidус, А. П. Волин), метод вызванной поляризации (П. В. Храмышкин, В. И. Могильников, Ю. Н. Мордвинцев), гравиметрические исследования (Ю. С. Шманенко), электромагнитное профилирование (В. Бузлов), радиометрические и карротажные методы исследований (П. В. Чесноков, В. И. Левин, В. В. Широков и др.).

Геологическая съемка и разведка в Алмалыкском районе постоянно сочетались с научно-исследовательскими и специализированными тематическими работами, способствовавшими пониманию как отдельных месторождений, так и всего района в целом.

Исследовательские работы впервые были поставлены в 1932—1933 гг. и имели целью изучение обогатимости окисленных руд месторождения Кальмакыр. В дальнейшем различные исследования по разным месторождениям проводились систематически многими организациями и исследователями.

С 1934 по 1939 г. А. Б. Баталов детально изучал минералогию месторождения Сарычеку. Подобную работу по Кургашинке в 1950 г. провела М. И. Монсева. Длительное время (с 1951 г.) изучение минералогии и геохимии в отдельных месторождениях Алмалыкского района проводили сотрудники АН УзССР — С. Т. Бадалов, Р. П. Бадалова, А. Б. Баталов, М. С. Кучукова, Р. А. Мусин, М. И. Исмаилов, И. М. Голованов и др. Результаты многолетних исследований С. Т. Бадаловым обобщены в монографии «Минералогия и геохимия эндогенных месторождений Алмалыкского рудного района» (1965).

В 1955—1956 гг. Г. Г. Грушкиным изучена температурная градуировка постмагматического процесса рудообразования. В 1956—1957 гг. Т. З. Закиров исследовал условия размещения первичных руд месторождения Кальмакыр. В 1957—1958 гг. Т. Тулегенов определил влияние пористости и трещиноватости на размещение руд месторождения Сарычеку. С 1961 г. И. М. Голованов изучал минералогию и геохимию медных руд района. С 1958 по 1960 г. сотрудники Алмалыкской ГРЭ А. Ф. Зайченко, Г. М. Заморин и К. М. Махмудов под руководством С. Т. Бадалова проводили ревизионно-опробовательские работы на редкие и рассеянные элементы с подсчетом их запасов по методике изучения мономинеральных проб. В 1957—1958 гг. Р. А. Мусин, А. В. Баталовым и М. С. Кучуковой под руководством Х. М. Абдуллаева изучаются типы изменений рудовмещающих комплексов Алмалыка. В 1959 г. А. В. Покровским завершено исследование петрологии Алмалыкского снениито-диоритового массива. Комплекс редких элементов в рудах эндо-

гемых месторождений района установлен С. Т. Бадаловым и его сотрудниками (1952—1971).

С 1959 г. Алмалыкская ГРЭ проводит разнообразные тематические исследования: К. Ф. Сомов — глубинные карты района, И. Б. Федорова, А. А. Кулаков — прогнозная карта Алмалыкского района; В. Ф. Виктор — околорудные измененные породы; С. А. Денисов — анализ разведочных материалов и рекомендации по методике разведки; Г. С. Оводкова и С. И. Габитова — систематизация интрузивных пород Алмалыкского района; И. И. Дабижа — особенности пространственного размещения и вещественного состава рудопроявлений; В. Ф. Виктор, А. В. Рабинович, С. И. Габитова, С. Т. Бадалов, И. М. Голованов, В. Н. Азин и др. — изучение геохимических особенностей пород района; А. А. Кулаков — методика документации карьеров и др.

Кроме того, разными исполнителями из различных организаций изучались рудные формации, сорбционно-солевые методы поисков, геолого-петрографические характеристики зон разломов, структурно-текстурные особенности руд месторождения Сарычеку, золотоносность Чаткало-Куряминских гор, петрография малых интрузий, петрология метасоматических комплексов, структурно-геологические условия размещения рудных полезных ископаемых, акцессорные минералы и рудные элементы в изверженных породах района, объекты древнего горного промысла и т. д. В этих работах принимали участие В. Я. Зималина, П. А. Шехтман, П. М. Анкудович, И. А. Айзенштат, В. Г. Гарьковец, В. И. Айзенштат, Н. И. Козырева, И. М. Голованов, Р. А. Мусин, Д. Ибадуллаев, С. П. Албул, Д. Х. Якубов, А. В. Рабинович, Л. З. Палей, Е. Б. Ачкасова, Р. П. Бадалова, Ж. Н. Кузнецов, В. Н. Азин, А. Г. Хваловский, Ю. Н. Мордвинцев, В. И. Киреев, Е. Б. Пругер и многие другие.

Особое место среди тематических работ этого периода занимают исследования, выполненные по инициативе В. Г. Гарьковца, которым впервые для района было указано на необходимость переориентации геофизических и геохимических методов с решения прямых поисковых задач на изучение глубинного геологического строения района с выделением позиций, определяющих локализацию промышленного оруденения.

Важной особенностью этих работ явилось их органическое сочетание со значительными объемами полевых исследований и проверочного бурения, чем обеспечивалась оперативная проверка и корректировка, возникавших в процессе работ представлений.

Разработав и применив метод комплексных геолого-геофизико-геохимических исследований, Н. Б. Вольфсон, В. Г. Гарьковец и А. Г. Хваловский обосновали существование в районе скрытых разломов фундамента, контролирующих размещение медно-порфировых месторождений. В пределах этих структур были спрогнозированы конкретные площади предполагаемых медно-порфировых месторождений с оценкой для некоторых из них прогнозных запасов.

Проверочными работами, выполненными при содействии главного геолога Алмалыкской экспедиции В. Н. Петрова и других ее сотрудников на трех прогнозных участках — Дальнее, Карабулак и Северо-Западный Балыкты — было установлено промышленное медно-порфировое оруденение. Последующими работами, проведенными под руководством В. Н. Петрова, А. Т. Рахубенкова, И. И. Дабижи, Е. Р. Бутьевой и др., эти участки переведены в разряд промышленных месторождений.

Руководство всеми поисковыми, разведочными и научно-исследовательскими работами в Алмалыкском районе осуществляли А. В. Королев, В. Г. Гарьковец, Г. И. Малматин, В. В. Мартынов, К. А. Брагин,

Т. Ш. Шаякубов, И. А. Айзенштат и С. Т. Бадалов при постоянном внимании со стороны министра геологии Узбекской ССР Х. Т. Туляганова.

Благодаря успешному проведению геологических исследований, разведочных работ и организации промышленного освоения месторождений Алмалыкский район за короткий срок стал центром цветной металлургии Узбекистана.

### СТРАТИГРАФИЯ

Алмалыкский район является частью Кураминской подзоны, входящей, по В. И. Попову (1938), в срединную зону Западного Тянь-Шаня. История геологического развития исследуемой области охватывает период от нижнего палеозоя до мезокайнозоя и характеризуется проявлением всех стадий геосинклинального развития земной коры (рис. 1).

Система	Отдел	Свита или ярус	Индекс	Колонка	Мощность м	Литолич. характерист.	
К а р б о н	Средний	Анчиская	$C_3nd_2$		200	1	
			$C_3nd_1$		60	2	
			$C_2ak_3$		200	3	
			$C_2ak_2$		880	4	
			$C_2ak_1$		277	5	
	Нижний	Минбулакская	$C_2mb_2$		50	6	
			$C_2mb_1$		40	7	
		Визейский	$C_1v$		128	8	
		Турнейский	$C_1t$		250	9	
		Д е в о н	Верхний	Фаменский	$D_3f_3$		325
$D_3f_2$					440	11	
$D_3f_1$					208	12	
Франский	$D_3fr_2$				185	13	
	$D_2gv_2$				319	14	
Средний	Живетский		$D_2gv_2$		60	15	
			$D_2gv_1$		100	16	
	Нижний		Катрангинская	$D_1^2$		300	17
				$D_1^1$		55	18
				$O-S_3$		355	19
Ордовик-силур		$O-S_2$		400	20		
		$O-S_1$		230	21		

На весьма ограниченной (850 км<sup>2</sup>) площади района развиты осадочные, вулканогенные и интрузивные (преобладающие) образования, что свидетельствует о неустойчивой тектонической обстановке, характерной для краевых частей геосинклинальных зон, резкой смене магматизма и осадконакопления и интенсивности глубинных гидротермальных процессов.

Сланцы О—S. К наиболее древним образованиям относятся песчано-сланцевые отложения ордовика—силура, распространенные в западной и южной частях района. Полоса выходов этих пород протягивается от устья Умбетты на северо-западе до верховьев р. Ал-

Рис. 1. Средний стратиграфический разрез палеозоя Алмалыка:

1 — дацитовые порфиры и их туфы; 2 — конгломераты, песчаники, туфопесчаники; 3 — туфовые лавы андезито-дацитового состава, агломератовые лавы и др.; 4 — андезито-дацитовые порфиры и их туфы; 5 — андезитовые и базальтовые порфириты; 6 — андезитовые порфириты; 7 — мергелистые известняки, алевролиты и др.; 8 — кремнистые известняки; 9 — слоистые и светлосерые известняки; 10 — переслаивание светлосерых известняков и доломитов с пропластками, гнездами и просечками гипса и ангидрита; 11 — переслаивание известняков, доломитовых известняков и черных искристых доломитов с линзами и просечками ангидрита; 12 — черные массивные доломиты с пропластками, линзами и гнездами ангидрита; 13 — переслаивание слоистых известняков, мергелей и ангидрита; 14 — ритмичное переслаивание известняка, ангидрита и доломита; 15 — аркозовые песчаники и конгломераты; 16 — туфы андезито-дацитового состава; 17 — кварцевые порфиры и их туфы; 18 — андезитовые порфириты; 19 — рассланцованные глинистые сланцы с редкими прослойками алевролитов и песчаников; 20 — полимиктовые песчаники с подчиненными прослоями алевролитов и сланцев; 21 — глинистые сланцы с прослоями алевролитов и песчаников

малык на юго-востоке на расстояние до 35 км, слагая древнюю антиклинальную структуру, в ядре которой обнажаются граниты и плагнограниты силура—девона

Описываемые породы сильно метаморфизованы и переходят на отдельных участках в зеленокаменное состояние. По петрографическому составу сланцы можно подразделить на глинисто-кремнистые и песчанистые, серицит-хлоритовые, биотит-хлоритовые, актинолит-хлоритовые разновидности и другие. Обычно в составе сланцев встречаются кварц, биотит, хлорит, амфибол, серицит, глинистое и углистое вещество, а также обломки полевых шпатов.

Акцессорные минералы представлены магнетитом, апатитом, сфеном, цирконом, гранатом, корундом, андалузитом и золотом. Содержания элементов-примесей — титана, никеля, хрома, кобальта, бария и других — незначительные, а галлия, висмута, вольфрама в 2,5—20 раз превышают их средние содержания в данном типе пород.

В пределах развития сланцевой толщи встречены участки вулканогенных и интрузивных пород, претерпевших интенсивный метаморфизм и превращенных в зеленокаменные образования. Эти породы по своему составу и петрохимическим особенностям могут быть отнесены к щелочным базальтоидным формациям краевых прогибов начальных этапов развития подвижных зон.

В Алмалыкском районе сланцевая толща не расчленена и фаунистически не охарактеризована. Возраст ее по аналогии с другими районами определяется как ордовик-силур. Мощность толщи, по данным разных авторов (Федорова, 1964; Сигалов, 1957; Кузнецов, 1962), равна 1700—1800 м.

*Вулканогенные образования нижнего девона.* Толща этих образований подразделяется на три горизонта: андезитовых порфиритов  $D$ , кварцевых порфиров  $D^2_1$  и андезито-дацитовых порфиров  $D^3_1$ .

Общая мощность вулканогенной толщи определяется в 450—750 м. Нижнедевонский возраст этих пород доказывается несогласным залеганием на сланцах ордовика-силура и перекрыванием их песчано-карбонатной толщей среднего-верхнего девона. Если верхняя возрастная граница достаточно достоверна, то нижняя не может считаться бесспорной. Возможно, часть этих пород более древнего возраста и другого происхождения.

Андезитовые порфириты  $D$ . Эти породы развивались в своеобразной структурно-геологической обстановке. Часть из них может быть отнесена к эффузивным, другие имеют типичный экструзивный облик. Размещены они на небольших площадях в Саукбулакском рудном поле, в среднем течении р. Алмалык (выше устья Катрангисая) и в верхнем течении р. Каракия. В остальной части Алмалыкского района эти породы полностью отсутствуют в стратиграфическом разрезе.

Петрохимические параметры показывают повышенную щелочность, железистость, пересыщенность глиноземом и преобладание натрия над калием, что характерно для пород спилито-кератофировой формации. Спектральными анализами установлены повышенные содержания титана, кобальта, хрома (0,001—0,01%), никеля, молибдена (0,001—0,004), галлия ( $8 \cdot 10^{-4}$ ) и золота ( $8 \cdot 10^{-7}$ ).

Кварцевые порфиры  $D^2_1$  — наиболее распространенные среди нижнедевонских вулканогенных образований. Они обнажаются на площади свыше 46 км<sup>2</sup> во всех частях района, представлены туфовыми, туфопесчанистыми, экструзивными образованиями, почти повсеместно подстилают песчано-карбонатную толщу среднего девона и перекрывают андезитовые порфириты  $D^1_1$  или сланцы  $O-S$ . Мощность горизонта

кварцевых порфиров переменная — от 200 м в южной части района до 700 м и более в северной. По внешнему облику — это розовато-серые или желтовато-белые кислые обломочные порфировые породы с большим количеством округлых и угловатых обломков, а также вкрапленников кварца, калиевого полевого шпата и меньше плагиоклаза, биотита, роговой обманки в мелкозернистой или сливной, фельзитовой основной массе. В породе, иногда в довольно значительных количествах, присутствуют акцессорные минералы (магнетит, циркон, апатит, сфен, ортит). Спектральными анализами обнаружены повышенные содержания марганца, титана, кобальта, никеля, ванадия, стронция и бария.

По своему петрографическому составу описываемые породы не всегда относятся к типичным кварцевым порфирам. Присутствие значительных количеств плагиоклаза и темноцветных (биотит, роговая обманка) приближает их к андезито-дацитам; обогащение ортоклазом или альбитом — к ортофирам или альбитофирам. По петрохимическим характеристикам одна часть проб относится к типичным гранитам, другая — к кератофирам или кварцевым латитам.

Таким образом, кварцевые порфиры оказываются породами сложными и, вероятно, разнородными по происхождению. При метаморфизме и гидротермальном процессе кварцевые порфиры претерпевают значительные изменения; отмечены переходы их в сланцеватые кварц-биотитовые и кварц-серицитовые кварцитовидные породы.

Минеральный состав, структура и петрохимические характеристики гранит-порфиров аналогичны таковым для кварцевых порфиров, но основная масса первых более раскристаллизована и вкрапленники имеют четкие ограничения. Содержания акцессорных минералов в них ниже. В гранит-порфирах в отдельных случаях устанавливаются кристаллокластическая и обломочная структуры, и тогда они не отличаются от кварцевых порфиров.

Андезито-дацитовые порфиры  $D^3_1$ . Нижнедевонские вулканогенные образования завершаются отложением андезито-дацитовых порфиров  $D^3_1$ , распространенных почти так же широко как и кварцевые порфиры и перекрывающих или прорывающих их. Среди них имеются эффузивные и экструзивные разности, причем вторые преобладают, так как занимают верхние части разрезов вулканогенной толщи и значительно больше эродированы. Мощности эффузивных фаций незначительная — от десятков метров до 200 м.

Описываемые породы имеют серый до темно-серого цвет, четкую порфировую структуру, часто с обломками вмещающих их сланцев и кварцевых порфиров. Порфировые вкрапленники представлены плагиоклазом, часто калиевым полевым шпатом и разложенным биотитом, роговой обманкой, пироксеном. Основная масса имеет пегматоидный облик с широко развитыми микро- и криптопертитовыми прорастаниями, что характерно для щелочных базальтоидных пород.

Из акцессорных минералов отметим магнетит, апатит, циркон, а также сфен, рутил и лейкоксен. По акцессорной специализации породы относятся к магнетит-apatит-цирконовому типу. Спектральным анализом в них установлены повышенные содержания титана, хрома, марганца, бария, стронция, никеля, а также олова и галлия.

При метаморфизме в андезито-дацитовых порфирах широко развиваются апатит и хлорит, что также свидетельствует о их щелочном базальтоидном облике. При гидротермальном процессе андезито-дацитовые порфиры переходят в кварц-серицитовые образования, утрачивающие первоначальный облик породы. По петрохимическим параметрам

описываемые породы приближаются к щелочноземельным роговообманковым сиенитам.

*Песчано-карбонатная толща среднего девона — нижнего карбона.* Карбонатные отложения широко развиты в Алмалыкском районе, но представлены отдельными изолированными массивами, являющимися останцами когда-то единой толщи, лежащей на размытой поверхности нижнедевонских эффузивов.

Девонские отложения района подразделены на три яруса: живетский, франкий и фаменский (рис. 1).

1. Живетский ярус представлен аркозово-конгломератовым  $D_2gv_1$  и песчано-карбонатным  $D_2gv_2$  горизонтами. Породы первого горизонта мощностью 60—100 м широко распространены в северо-западной части района по р. Каракия и хр. Калканата. В восточной и юго-восточной частях района мощность этого горизонта уменьшается до 10—12 м.

Песчано-карбонатный горизонт также наиболее полно развит в западной части района; здесь его мощность достигает 318 м. В указанных породах значительно развиты отложения соленосной формации, (ангидрит-гипсовые породы) суммарной мощностью местами более 100 м. Как правило, они встречаются в Центральном блоке Алмалыкского района (Бадалов, Туресебеков, 1967). Горизонт залегает на аркозово-конгломератовой толще или непосредственно на размытой поверхности кварцевых порфиров  $D^2_1$ . В северо-восточной части района — в массивах Тутбулак, Карабулак и Ургаз — песчано-карбонатный горизонт отсутствует.

2. Франкий ярус верхнего девона в районе представлен горизонтами: известково-мергелистым с ангидритом  $D_3fg_1$ , массивных доломитов с ангидритом  $D_3fg_2$  и ленточных доломитов  $D_3fg_3$ . Известково-мергелистый горизонт состоит из переслаивающихся тонкослоистых песчаных и мергелистых известняков с прослоями ангидритов, доломитов и мергелей. Мощность горизонта 30 м.

Горизонт массивных доломитов развит на площади всего Алмалыкского района и является маркирующим при картировании. Характерной особенностью его является наличие сульфидной минерализации. В хр. Калканата в этом горизонте отмечена промышленная свинцово-цинковая минерализация, в нижнем течении р. Каракия — свинцовая и в хр. Каратагата — пирит-халькопиритовая минерализация.

Горизонт ленточных доломитов представлен переслаиванием известняков, доломитов, ангидритов и доломитистых известняков. Мощность горизонта более 300 м. В настоящее время верхи этого горизонта относятся к фаменскому ярусу.

3. Фаменский ярус  $D_3fm$  не расчленяется на горизонты и не отделяется от отложений франского. Как и предыдущий горизонт, он образован переслаиванием серых известняков, ангидритов и черных искристых доломитов. Мощность горизонта достигает 325 м.

Отложения нижнего карбона, как и девонские, сохранились в виде останцев или блок-ксенолитов в разломах и верхнепалеозойских интрузивных образованиях. Наиболее полные разрезы нижнекарбонной известняковой толщи имеются в северной части района — в массивах Тутбулак и Ургаз. Здесь отложения нижнего карбона расчленены на турнейский  $C_1t$  и визейский  $C_1v$  ярусы.

Турнейский ярус  $C_1t$  сложен в низах разреза серыми и светло-серыми массивными известняками с члениками криноидей, верхняя часть разреза представлена тонкослоистыми известняками с кремнистыми желваками и прослоями. Мощность отложений достигает 160 м.

Визейский ярус  $C_1v$ . Отложения этого яруса в районе распространены незначительно (горы Ширабад, Тутбулак и Карабулак) и пред-

ставлены темно-серыми массивными известняками с кремнистыми желваками. Количество кремнистых стяжений вверх по разрезу увеличивается, переходя в прослой и пласты, а известняки снова переходят в тонкослоистые разности. Мощность отложений визейского яруса достигает 128 м.

**Верхний палеозой.** Осадочно-вулканогенные образования верхнего палеозоя развиты в центральной части Алмалыкского района, в блоке, ограниченном Мисканским и Бургундинским разломами, в южной части района, за Баштавакским разломом и в восточной части района. Площадь их распространения превышает 150 км<sup>2</sup>.

Осадочно-вулканогенные образования могут быть подразделены на минбулакскую  $C_{1-2}$  mb, акчинскую  $C_{2ak}$ , надакскую  $C_{2-3nd}$  и шурабсайскую свиты  $P_{1sh}$ .

*Минбулакская свита  $C_{1-2}mb$*  расчленяется на две подсвиты: нижнеминбулакскую, куда отнесена свита уя, и верхнеминбулакскую, представляющую собственно отложения минбулакской свиты.

Нижнеминбулакская подсвита или свита уя развита в средних течениях рек Ташкутан, Саукбулак и Ургаз, а также встречается на глубокими колонковыми скважинами по речкам Кызата, Чилик и Саукбулак в пределах центрального блока. Образования подсвиты расположены на размытой поверхности известняков верхнего девона — нижнего карбона и перекрываются отложениями верхнеминбулакской подсвиты или отложениями акчинской свиты. Во всех выходах на поверхность и в кернах глубоких колонковых скважин отложения подсвиты имеют очень характерный облик и представлены тонким переслаиванием туфов, туффитов, мергелистых известняков, углистых сланцев, песчаников и алевролитов. Наибольшая мощность подсвиты, зафиксированная в Алмалыкском районе, превышает 100 м (скв. 63). Нижняя часть толщи прорывается диоритами Саукбулака и полная мощность ее не устанавливается.

Отложения описываемой подсвиты большей частью интенсивно метаморфизованы за счет воздействия контактового метаморфизма; при этом часть их превращается в яшмовидные образования, а часть переходит в кварц-альбит-эпидотовые роговики с образованием таких типичных метаморфических минералов как альбит, хлорит, биотит, эпидот, актинолит, андалузит. Углистые и глинистые частицы образуют небольшие скопления и линзообразные прослойки в метаморфизованной породе. Иногда отмечаются прожилки ангидрита, гнезда и вкрапленность пирита.

Верхнеминбулакская подсвита развита в нижних течениях рек Ташкутан, Саукбулак и Ургаз. Здесь она залегает на карбонатных отложениях верхнего девона — нижнего карбона, а также нижней подсвиты и перекрывается породами акчинской свиты. Подсвита сложена плотными массивными до стекловатых порфиловыми породами темного, темно-серого, коричневатого-серого и красновато-коричневого цвета. Эти породы имеют чаще лавобрекчневый и туфолавоый облик, обусловленный присутствием в темной стекловатой массе многочисленных обломков более раскристаллизованных разностей пород или же полос и линзообразных участков светлой пепловой и «пузыристой» массы.

Микроскопически выделяется несколько разностей пород подсвиты: а) черные стекловатые породы, в массе которых различаются призматические и таблитчатые кристаллы пироксена и редко мелкие кристаллы основного плагиоклаза, по составу эти породы можно отнести к базальтовому типу и б) пироксен-андезитовые порфириты; основная масса их призматически-зернистая, диабазовая, состоит из микролитов плагио-

клаза, промежутки между ними выполнены стеклом и скоплениями темноцветных. Вкрапленники представлены пироксеном и плагиоклазом. По пироксену иногда развиваются роговая обманка и биотит.

Наконец, выделяются разновидности андезитового состава, где наряду с пироксеном во вкрапленниках отмечается большое или преобладающее количество роговой обманки и значительно возрастает количество таблитчатого и призматического плагиоклаза. Иногда вкрапленники плагиоклаза резко преобладают над вкрапленниками темноцветных.

Описываемые породы часто имеют четко выраженную флюидалность, хорошо видную не только в основной массе, но и во вкрапленниках. Структуры течения обычно прослеживаются в приконтактовых участках с породами среднего — верхнего девона и нижнего карбона. Для указанных пород характерно отсутствие каких-либо признаков слоистости; их разновидности едва ли возможно подразделить стратиграфически.

Обычный для более молодых и более кислых эффузивных образований характер переходов от субэффузивных образований к туфовым и лавовым через участки крупно- и мелкообломочной брекчии в данном случае не устанавливается. Поэтому пока не удается выделить четко ограниченные тела жерловой фации минбулакской свиты.

По минеральному составу породы минбулакской свиты представлены плагиоклазом, калиевым полевым шпатом, пироксеном, роговой обманкой, биотитом, причем пироксен и роговая обманка преобладают среди темноцветных. Акцессорные минералы представлены очень широко развитыми магнетитом (до 8 кг/т) и апатитом (до 660 г/т), незначительными количествами циркона, сфена, ильменита; встречаются гранаты, рутил. Высокочувствительными спектральными анализами в них установлены повышенные концентрации висмута (0,0002%), скандия (0,001—0,002%); содержания титана, хрома, никеля и галлия ниже кларковых для этого типа пород. По своему химизму порфириды минбулакской свиты относятся к породам нормального ряда, но пересыщены щелочами и имеют высокую (более 0,85) общую железистость. Для них характерно резкое преобладание калия над натрием (1,6—2,0). По своим петрохимическим особенностям эти породы занимают промежуточное положение между трахибазальтами и трахиандезитами или трахибазальтами и латитами.

*Акчинская свита С<sub>2</sub>ak.* Отложения этой свиты широко распространены. Ими сложена в основном вся центральная часть Алмалыкского района. Общая площадь распространения свиты свыше 100 км<sup>2</sup>. Ее породы залегают на размытой поверхности отложений минбулакской свиты, а также на сиенито-диоритах алмалыкского комплекса и перекрываются отложениями надакской и шурабсайской свит.

Акчинская свита представлена двумя подсвитами или горизонтами: мелкозернистых андезитовых, андезито-базальтовых порфиритов и андезито-дацитовых порфиритов. Отложения свиты преимущественно состоят из туфовых лавобрекчиевых и агломератовых разностей, свидетельствующих об интенсивной взрывной деятельности вулканов в акчинское время. В мощной, довольно однообразной толще свиты отложения первого и второго горизонтов различаются по характеру обломков. Отложения первого горизонта имеют довольно четко выраженную слоистость и меньшее количество обломков. Во втором горизонте они крупнозернистые, неяснослоистые и переполнены большим количеством обломков. Иногда обломки в отложениях второго горизонта достигают 0,5—1 м и в некоторых случаях еще крупнее.



В пространственном распределении отложений первого и второго горизонтов также имеется определенная закономерность. Отложения первого обнажаются в краевой части синклиналиного прогиба Центрального блока и образуют полосу обнажений вдоль линейно вытянутой интрузии кварцевых мелкозернистых сиенито-диоритов в средней части того же блока. Отложения второго горизонта занимают всю центральную часть этого блока.

Породы акчинской свиты обладают четко выраженной порфировой структурой с неяснозернистой интерсертальной, часто пилотакситовой структурой основной массы. Во вкрапленниках присутствуют плагиоклаз, редко калиевый полевой шпат, разложенные пироксен, роговая обманка, биотит. Основная масса состоит из лейст и микролитов плагиоклаза и реликтов пироксена.

Акцессорные минералы содержатся в незначительном количестве, преобладают магнетит, гематит, пирит; содержания циркона и апатита очень низкие. По содержанию элементов-примесей породы акчинской свиты мало отличаются от минбулакской. Здесь также отмечаются повышенные содержания висмута и скандия (в десятки раз выше кларковых), несколько повышенные мышьяка (до  $3 \cdot 10^{-3}\%$ ) и сурьмы (до  $8 \cdot 10^{-4}$ ). По петрохимическим характеристикам породы свиты относятся к нормальному ряду и близки к андезитам и авгитовым андезитам (по А. Н. Заваришскому).

*Надакская свита*  $S_{2-3}$ . Эффузивные образования надакской свиты имеют довольно ограниченное развитие, уступая по распространенности эффузивам акчинской свиты; зато субэффузивные образования этой свиты значительно распространены в районе, свидетельствуя об интенсивной вулканической деятельности в надакское время.

Эффузивные отложения надакской свиты встречены по р. Каракия, саю Катранги и в нижнем течении р. Каульды, вдоль Бургундинского разлома.

Отложения надакской свиты подразделяются на горизонт базальных конгломератов и песчаников и горизонт дацитовых порфиров и их туфов. Горизонт базальных конгломератов и песчаников лежит на размытой поверхности эффузивов акчинской свиты и представлен галечниковым материалом отложений карбонатной толщи девона, эффузивов минбулакской и акчинской свит, сцементированного песчано-карбонатным материалом. Горизонт дацитовых порфиров и их туфов перекрывает отложения первого горизонта и сложен мелкообломочными туфами и лавами дацитового состава.

Порода имеет четко порфировую структуру с многочисленными характерными табличками и призматическими вкрапленниками розового плагиоклаза, калиевого полевого шпата, темноцветных (роговая обманка, биотит, редко пироксен) и незначительного количества вкрапленников оплавленного кварца. Общее количество вкрапленников достигает иногда 60%. Основная масса породы микрогранитовая, участками стекловатая со значительным количеством кварца, часто образующего микропегматитовые прорастания с калишпатом основной массы.

По содержанию акцессорных минералов эффузивы надакской свиты отличаются от акчинских. Содержание циркона и апатита в них возрастает, а содержание магнетита резко падает. Содержание элементов-примесей (висмут, мышьяк, сурьма, олово) также значительно возрастает. В некоторых минералах (калишпат, эпидот, хлорит) отмечены повышенные содержания титана и стронция, в магнетите — титана и германия.

1347

Характерной особенностью эффузивных отложений и связанных с ними субэффузивных образований надакской свиты является широкое развитие турмалиновой минерализации. Во всех изученных образцах и шлифах по этой свите отмечено присутствие игольчатых кристаллов и гнезд турмалина. В отдельных участках (р. Каульды, Чукур-Тойпансай) количество турмалина достигает 15—20% и порода имеет облик дацит-турмалиновых порфиров, где турмалин выполняет роль темноцветных, образуя по ним псевдоморфозы.

По петрохимическим характеристикам описываемые породы близки к пироксеновым дацитам, роговообманковым и авгитовым андезитам и реже к трахиандезитам, т. е. состав их более основной, чем представляется при петрографическом описании.

*Субвулканические аналоги оясайской свиты.* В нижних течениях рек Саукбулак и Ургаз развиты своеобразные субвулканические породы липаритового, фельзит-порфирового или сиенит-порфирового состава, которые по своему возрастному положению, петрографическим и петрохимическим особенностям могут быть параллелизованы с субвулканическими образованиями оясайской свиты, установленной за пределами описываемого района.

Изученные породы прорывают эффузивы акчинской свиты, а также кварцевые мелкозернистые сиенито-диориты  $S_3$  и прорываются некками и дайкообразными телами жерловой фации шурабсайской свиты. Это светло-серые и розовато-серые породы фельзит-порфирового состава с хорошо выраженным флюидалным строением, обусловленным тончайшим переслаиванием стекловатого тонкообломочного материала. Под микроскопом в породе прослежено большое разнообразие порфировых выделений, занимающих 10—15% поверхности шлифа. Вкрапленники не имеют четких кристаллографических форм и представлены плагиноклазом, калишпатом, биотитом, роговой обманкой, пироксеном, кварцем. Основная масса неяснозернистая, микропертитовая и состоит преимущественно из калишпата, образующего иногда сферолиты, прорастающие кварцем и альбитом. Аксессуарные минералы представлены магнетитом, апатитом, цирконом и рудными минералами.

*Шурабсайская свита  $P_{1sh}$ .* Отложения свиты в районе распространены ограниченно и обнажаются на небольших площадях в средней части рек Каракия, Алмалык, Каульды, в нижнем течении саев Каратагата, Чокмастан, Ташкутан и в виде небольших блоков и останцов по р. Кызата. В отложениях свиты участвуют песчано-конгломератовые и туфо-песчанистые отложения, но преобладают экструзивные и субвулканические образования.

Песчано-конгломератовый горизонт развит в бассейне р. Каульды, Алмалык и в нижних течениях саев Каратагата и Чукур-Тойпан. Эти отложения представлены серыми, красно-бурыми и темно-серыми грубо-, средне- и мелкозернистыми песчаниками, туфопесчаниками, туффитами, мелкогалечниковыми конгломератами и редкими мелкими прослоями известняков и сланцев. В нижней, средней и верхней частях этого горизонта встречаются слои мелко- и крупновалунного конгломерата с галькой песчано-карбонатной толщи девона, эффузивов минбулакской, акчинской и надакской свит. Отложения последней представлены окатанными обломками дацитовых порфиров и мелкозернистых кварцевых сиенито-диоритов. Галька конгломератов представлена сиенит-порфирами, фельзит-порфирами, фельзитами и липаритами. Встречаются окатанные обломки сиенито-диоритов алмалыкского типа. Мощность горизонта около 200 м.



В настоящее время выделены участки развития жерловой фации шурабсайской свиты. Они представляют собою крупные штокообразные тела андезитовых порфиритов, сопровождаемые по периферии туфобрекчиями, туфолавами и туфами того же состава. Некки андезитовых порфиритов имеют характерные столбообразные и изометричные формы, резко выступающие над окружающей местностью. Породы, слагающие отмеченные тела, имеют темно-коричневую, красновато-коричневую окраску и андезитовый состав. Вмещающие породы вокруг вулканических аппаратов оконтурены оторочкой измененных пород.

По минеральному составу эффузивные и субвулканические разновидности совершенно одинаковы. В порфириковых выделениях преобладают плагиоклаз, калишпат, биотит, роговая обманка, пироксен; аксессуарные минералы: магнетит, апатит, циркон, сфен, ортит (в субвулканических телах), а также рутил (анатаз), корунд.

## МАГМАТИЗМ

### Интрузивные породы

Изучением специализации изверженных пород Узбекистана и, в частности, Карамазара занимались И. Х. Хамрабаев (1969), Ф. Ш. Раджабов, В. И. Айзенштат, З. А. Королева, А. В. Рабинович, С. Т. Бадалов, И. М. Голованов, С. Бабаходжаев и др.

Интрузивные породы в Алмалыкском районе занимают до 70% площади. Они представлены крупными интрузивными массивами, «малыми» порфириковыми интрузиями, жильными и дайковыми образованиями. По возрасту породы относятся к каледонскому и герцинскому циклам тектономагматизма.

Характерными интрузивными образованиями каледонского цикла являются граниты, герцинского — гранодиориты, но на ранних этапах обоих циклов отмечаются габброидные образования.

Многофазные, сложные по составу интрузии гранитоидов также отражают характерные черты подвижных поясов, но на более поздних этапах их развития.

1. **Интрузии каледонского цикла магматизма.** Здесь выделяются (по В. Ф. Викторову, 1965) два этапа внедрения основной магмы, представленной габбро, горнблендитами, монцонито-диоритами и кварцевыми диоритами: батолитовый — внедрение крупных интрузий плагиогранитов, гранитов и аляскитов и этап «малых» порфириковых интрузий — интрузия гранодиорит-порфиром Калканата и сопровождающая ее дайковая серия.

1. Интрузии габбро, горнблендитов и монцонито-диоритов установлены в западной части района в бассейне р. Умбетта и хр. Каратау, в пределах площади развития сланцевой толщи ордовика-силура. Эти небольшие, удлиненной формы интрузии претерпели интенсивный метаморфизм.

2. Интрузии плагиогранитов, гранитов и аляскитов развиты в западной части района, в средних — верхних течениях рек Каракия, Алмалык, Кызата и представляют собой крупные батолитовые тела, внедрившиеся в центральную часть древней антиклинальной складчатой структуры, сложенной сланцами ордовика — силура. Возраст их определяется как додевонский по наличию гальки гранитов в базальных слоях в основании нижнедевонской вулканогенной толщи.

По минеральному составу биотитовые граниты и плагиограниты — это средне- и равномерно зернистые породы, состоящие почти из равных

количеств кварца, калиевого полевого шпата, плагиноклаза и несколько меньшего количества биотита. Акцессорные минералы представлены магнетитом, апатитом, сфеном, цирконом, ортитом и ураноторитом. По содержаниям магнетита, апатита, сфена и ортита эти породы резко отличаются от гранитоидов других районов Советского Союза.

В зонах эндоконтактов граниты сильно изменены и переходят в кварц-полевошпатово-слюдяные грейзены и альбититы. В альбитизированных и грейзенизированных разновидностях гранитов резко уменьшается содержание акцессорных минералов, свидетельствуя о постмагматическом характере этих изменений.

Аляскинтовые интрузии по структурным особенностям делятся на мелко-, средне-, крупнозернистые и пегматоидные разновидности, не имеющие между собой резких границ. Это лейкократовые породы, состоящие из кварца, светло-розового калишпата и редких чешуек биотита. По сравнению с гранитами в них меньше акцессорных минералов (магнетита, апатита, циркона), отсутствует ортит, но зато резко возрастает (210 г/т) содержание монацита.

По особенностям петрохимического состава биотитовые граниты и аляскиты относятся к щелочноземельным гранитам и гранитам всех периодов (по Дэли). В аляскитах довольно широко развиты зоны грейзенизации, а в эндоконтакте со сланцами — зоны окварцевания.

3. «Малые» порфиоровые интрузии гранодиорит-порфиров нижнего девона (калканатинский тип) развиты в южной части Алмалыкского района, в верховьях р. Каракия, в виде двух небольших массивов. За пределами района они установлены в горах Калканата, где имеют интрузивные контакты с вулканогенными образованиями  $D_1^1$  и трансгрессивно перекрыты песчано-карбонатной толщей  $D_2^{gv}$ . По внешнему облику это четко порфиоровые породы с крупными (2—3 см) фенокристаллами калишпата в зернистой, часто микропегматитовой основной массе.

Анализом минерального состава в гранодиорит-порфирах выявлены почти равные количества калиевого полевого шпата, плагиноклаза, кварца и меньшие — биотита и авгита; акцессорные минералы: магнетит, апатит, циркон и сфен, причем относительные количества апатита и циркона преобладают над магнетитом.

По петрохимическому составу породы близки к древним трахитам и авгит-сиенитам, по Дэли. Описываемые гранодиорит-порфиры, по-видимому, генетически и по возрасту связаны с вулканогенной формацией андезит-дацитовых порфиров  $D_1^2$  и кварцевыми порфировидными монцонитами Каратагата.

II. **Интрузии герцинского цикла магматизма.** В герцинском цикле выделяются такие этапы внедрения: основных интрузий, батолитовый, «малых» порфиоровых интрузий и дайковый (Абдуллаев и др., 1958). Герцинские магматические образования изучены лучше, так как с ними связаны промышленные месторождения меди, полиметаллов и золота.

1. К раннему этапу внедрения основных интрузий могут быть отнесены габбро и габбро-диориты Кальмакыра, габбро-монцониты и порфиоровидные монцониты Саукбулака и Ургаза, прорывающие отложения свиты уя. В виде ксенолитов они встречаются в сиенито-диоритах на месторождении Кальмакыр. Эти породы изучены очень слабо, поскольку они имеют незначительное развитие и претерпели интенсивный метаморфизм, а также гидротермальную проработку.

2. Сиенито-диоритовый комплекс Алмалыка представлен несколькими фациальными разновидностями: диоритами среднезернистыми, сиенито-диоритами, порфиоровидными сиенито-диоритами, мелкозерни-

стыми сиенито-диоритами (приведенная последовательность является и возрастной).

Интрузия сиенито-диоритов имеет лакколитообразную или силлообразную формы. Внедряясь по межформационной плоскости между эффузивными образованиями нижнего девона и песчано-карбонатной толщей среднего и верхнего девона, она в какой-то степени унаследовала и особенности складчатой структуры этих образований. Сиенито-диоритовый комплекс сопровождается широкой гаммой мелких жильных и дайковых тел аплитов и пегматондных образований.

3. Гранодиориты кураминского типа развиты в центральной части Кураминского хребта и образуют крупнейший массив, распространяющийся далеко за пределы Алмалыкского района.

Гранодиориты Кураминского батолита объединяют в себе целый комплекс магматических образований. Здесь выделяются диориты, монциты, сиенито-диориты, гранодиориты, граниты, аляскиты. В Алмалыкском районе в гранодиоритах кураминского типа выделены среднезернистые, а также мелкозернистые гранодиориты, переходящие в гранодиорит-порфиры и аляскиты. Среднезернистые гранодиориты относятся к среднему типу биотит-роговообманковых и состоят из плагиоклаза, калиевого полевого шпата, меньшего количества кварца и темноцветных (биотит, роговая обманка, пироксен). Акцессорные минералы представлены магнетитом, апатитом, цирконом, сфеном и ортитом. По содержанию акцессорных минералов гранодиориты относятся к магнетит-сфеновому типу. Процессы гидротермальной проработки гранодиоритов сопровождаются окварцеванием и серицитизацией.

По данным петрохимического изучения, гранодиориты относятся к среднему типу гранодиоритов (по Дэли), но обращает на себя внимание более высокое содержание в породе натрия и преобладание его над калием.

4. Гранодиориты кызылсайского типа в Алмалыкском районе развиты в верховьях рек Кызата, Саукбулак, Ургаз. Они представляют собою весьма своеобразные и интересные образования. Это средние, чаще крупнозернистые светло-розовые порфирированные породы с крупными порфирированными выделениями розового калиевого полевого шпата размером 2—5 см, иногда до 6—10 см.

Под микроскопом породы имеют средне- и крупнозернистую порфирированную структуру, состоят из преобладающего количества плагиоклаза (40%), меньшего количества калишпата (25%), кварца (25%) и темноцветных (биотит, роговая обманка до 10%). Состав акцессорных минералов аналогичен составу гранодиоритов кураминского типа (магнетит, сфен, циркон, апатит, ортит), но относительные их содержания иные; наряду с высоким содержанием сфена здесь довольно много и ортита. По петрохимическому составу описываемые породы также относятся к среднему типу гранодиоритов Дэли и тоже с преобладанием натрия над калием.

Гранодиориты кызылсайского типа являются порфирированными образованиями, с которыми связаны жильные и дайковые фации аплитов и пегматитов. Сходство пегматитов с гранодиорит-порфирами куондинского и алмалыкского типов наталкивает на мысль о единстве и возможности прослеживания связей глубинного магматического очага и рудоносности этих интрузий.

Внедрением гранодиоритов кызылсайского типа завершается батолитовый этап и начинается этап «малых» порфирированных интрузий, наиболее интересный для района из-за тесной пространственной связи с ними медно-молибденовой, полиметаллической и золоторудной минерализа-

ции. В этом этапе выделились мелкие массивы и штокообразные тела гранодиорит-порфиров куюндинского и алмалыкского типов, а также гранодиорит-порфиры гушсайского типа. Они близки по составу, петрохимическим особенностям, но разобщены между собой, не имеют возрастных взаимоотношений и только условно могут быть отнесены к одному возрастному типу.

1. Гранодиорит-порфиры куюндинского типа развиты преимущественно в восточной части Алмалыкского района, к востоку от р. Кызата. Здесь при поисково-съемочных работах выделено около семи разновидностей гранодиорит-порфиров указанного типа. Основная масса тонкозернистая кварц-полевошпатовая с преобладанием кварца и калишпата над плагиоклазом, но в целом плагиоклаза в породе больше, чем калишпата. Биотита также больше, чем роговой обманки, но он сильно замещен агрегатом хлорита и эпидота. По аксессуарному составу гранодиорит-порфиры куюндинского типа близки к сениито-диоритам Алмалыка. Они также содержат много магнетита, апатита, циркона и сфена и меньше ортита. По своему химизму эти породы находятся в одном поле с гранодиорит-порфирами алмалыкского и джаныбекского типов и относятся к щелочным гранодиоритам или слюдяным андезитам.

Для гранодиорит-порфиров куюндинского типа характерно развитие пегматитов и аплитов, а также крупных полей измененных пород и рудной минерализации. Этим они отличаются от гранодиорит-порфиров гушсайского типа.

2. Гранодиорит-порфиры алмалыкского типа развиты в пределах Алмалыкского рудного поля; в других местах достоверно они не установлены. Здесь они представлены как крупными интрузивными массивами, залегающими на глубине 600—800 м, так и большим количеством дайко- и штокообразных тел на поверхности. В связи с тем, что гранодиорит-порфиры в пределах рудного поля определяют основной характер гидротермального процесса и его металлогенно, приводим более подробную их характеристику.

Гранодиорит-порфиры алмалыкского типа представлены светло-розовыми порфировыми породами с крупными четко ограниченными фенокристаллами розового калиевого полевого шпата, многочисленными вкрапленниками измененного белого или зеленовато-белого плагиоклаза и измененными вкрапленниками темноцветных (биотит, роговая обманка, пироксен), включенными в розовую или розовато-белую сливную тонкокристаллическую основную массу. В породе устанавливаются следующие содержания минералов (Королев, 1937, 1970):

Минералы	Порфировые выделения, %	Основная масса, %	Всего, %
Кварц	3,0	16,3	19,3
Калишпат	13,7	33,4	47,1
Плагиоклаз	23,6	6,5	30,1
Темноцветные	3,5	0,0	3,5
Всего	43,8	56,2	100,0

3. Гранодиорит-порфиры «розовые» развиты на месторождении Сарычеку и считаются разновозрастными с гранодиорит-порфирами алмалыкского типа. Макроскопически — это серовато-розовые и светло-розовые порфировые породы с двумя типами порфировых выделений полевых шпатов — крупных овальных, реже таблитчатых фенокристаллов розового калиевого полевого шпата и многочисленных мелких таблитчатых вкрапленников белого плагиоклаза. Темноцветные в породе редки и представлены биотитом и роговой обманкой. Основная масса розовая, тонкозернистая, сливная.

Количественный минералогический состав пород следующий (без учета аксессуарных):

Минерал	Порфиновые выделения, %	Основная масса, %	Всего, %
Кварц	2,9	16,4	19,3
Калишпат	15,6	30,2	45,8
Плагиоглаз	29,1	0	29,1
Темноцветные	5,8	0	5,8
Всего:	53,4	46,6	100,0

По близости минерального состава и отношению к рудоносности описываемые породы объединены с алмалыкскими в один тип. Для них характерны высокие содержания магнетита, апатита и циркона, но по содержанию сфена и ортита они значительно уступают гранодиоритам кураминским и гранодиорит-порфирам куюндинским. По петрохимическим характеристикам описываемые гранодиорит-порфиры близки к послелекембрийским гранитам Дэли и к латитам и трахиандезитам по А. Н. Заварицкому. Гранодиорит-порфиры очень сильно изменены процессами окварцевания и серицитизации и сопровождаются крупными породами измененных вмещающих пород и рудной минерализацией.

4. Гранодиорит-порфиры алмалыкского типа в Алмалыкском рудном поле развиты на участке Джаныбек и являются образованиями более молодыми по отношению к гранодиорит-порфирам алмалыкского типа. От алмалыкских они отличаются большей степенью раскристаллизации вкрапленников и основной массы, повышенной щелочностью состава и меньшей степенью развития вторичных гидротермальных процессов и трещиноватости.

Макроскопически — это буровато-красные порфиры до порфиревидных породы с преобладающим над основной массой количеством вкрапленников полевого шпата и малым количеством кварца. Калишпат в породе также имеет подчиненное значение, темноцветные представлены главным образом роговой обманкой и пироксеном. Основная масса состоит из калишпата, кварца и небольшого количества плагиоклаза.

Количественный состав минералов в породе колеблется: плагиоклаз 50—70%, калишпат 10—20, темноцветные 15—20, кварц во вкрапленниках 2—3%. Таким образом, эти породы скорее можно отнести к сениодиорит-порфирам. По составу аксессуарных минералов они также значительно отличаются от гранодиорит-порфиров алмалыкского типа. В них резко понижены содержания магнетита, апатита и циркона, отсутствуют ортит и сфен, но повышено содержание турмалина. По петрохимическому составу они близки к трахиандезитам и латитам.

5. Гранодиорит-порфиры гушайского типа развиты преимущественно в восточной части Алмалыкского района и представлены штоками и дайковыми телами. Проводившееся до последнего времени подразделение этих пород на три возрастных типа — крупно-, средне- и мелкопорфирные — в настоящее время многими исследователями не признается.

Крупнопорфирные гранодиорит-порфиры являются типичной дайковой фацией и относятся к дайкам гранодиорит-порфиров, наиболее молодым по возрасту и, возможно, принадлежащим к комплексу кызылнуринских гранитоидных интрузий.

Гранодиорит-порфиры мелкопорфирные описаны выше как микрогранодиорит-порфиры Шаугаза и относятся к комплексу металлогенных интрузий куюндинского типа. Об этом же свидетельствует развитие в них рудной минерализации.

Среднепорфиновые гранодиорит-порфиры гушсайского типа объединяют несколько разновидностей, различных по своим химическим и структурным особенностям. В то же время для них характерны частые переходы в зернистые разности и состав, близкий к сиенито-диоритам и диорит-порфирам. Кроме того, для отдельных разностей характерна близость к туфообломочным породам (р. Абджаз).

В гранодиорит-порфирах гушсайского типа отсутствуют аплитовые и пегматитовые фации и редко отмечаются изменения гидротермального характера.

**Дайковые образования района.** В Алмалыкском районе имеется сложный комплекс разновозрастных дайковых образований. Однако в связи с тем, что специального изучения их не проводилось, в настоящее время довольно трудно распределить их по комплексам интрузивных образований.

Более или менее отчетливо можно выделить дайки фельзит-порфиров, так называемых «черных» гранодиорит-порфиров, сложные дайки гранодиорит-порфиров и лампрофиров, а также дайки сиенит-диорит-порфиров, которые увязываются с комплексом интрузий гранодиорит-порфиров куюндинского типа и завершающими этапами интрузий этого же ряда.

Другие дайки — гранодиорит-порфиры «роговообманковые» или «крупнопорфировые» и гранит-порфиры «среднепорфировые», вероятно, относятся к более позднему этапу и, возможно, связаны с комплексом интрузий кызылнуринской стадии.

Наконец, выделяются довольно многочисленные дайки диоритовых и диабазовых порфиритов, но в этой группе дайковых образований многие из них заведомо предрудные и относятся к субэффузивной фации. Только незначительное число их может быть отнесено к послерудным и связано с конечным этапом герцинского цикла тектономагматизма.

Результаты петрографических исследований пород и их петрохимических особенностей позволили сформулировать следующие положения.

1. Практически в районе нет ни одной породы, которая бы в той или иной степени не была пересыщена глиноземом. По-видимому, это свидетельствует об интенсивности и всеобщности вторичных процессов или процессов гидротермальной проработки.

2. Во всех породах района в качестве основного цветного минерала представлен биотит. Вторым по масштабу развития цветным минералом является роговая обманка.

В каледонском комплексе — гранитах и аляскитах — биотит является единственным цветным минералом, в остальных породах вместе с биотитом развита роговая обманка и в гранодиорит-порфирах Калканаты, андезитовых и андезито-дацитовых порфирах  $D_1^3$  — ромбические пироксены и авгиты. В герцинском комплексе вместе с биотитом и роговой обманкой распространен и авгит. По-видимому, наряду с железом и магнием во всех темноцветных минералах значительное место занимает алюминий.

3. Повышенная кислотность пород в основном характерна для каледонского комплекса, в герцинском повышенной кислотностью отличаются только кварцевые мелкозернистые сиенито-диориты, у остальных пород она нормальная или даже пониженная.

В каледонском комплексе, не считая такие породы как граниты и аляскиты, повышенная кислотность характерна даже для андезитовых порфиритов.

4. Железистость — один из характерных факторов различия пород и их благоприятности для рудоотложения. Повышенной железистостью



отличаются породы начальных этапов герцинского цикла (диабазовые порфириты минбулакской свиты, сиенито-диориты и диориты  $S_2$ , а также гранодиориты кураминского типа). В каледонском комплексе относительно повышенной железистостью отличаются алякситы (0,8) и кварцевые порфиры (0,77), по-видимому, и те и другие, особенно кварцевые порфиры  $D_1^3$ , приобрели повышенную железистость за счет вторичных наложенных процессов.

В герцинском комплексе слабое повышение железистости, кроме перечисленных пород, характерно для фельзит-порфиров оясайской свиты. Здесь общая железистость составляет 0,75, что незначительно превышает средние показатели, но, тем не менее, отличает эту породу от других. Остальные породы каледонского и герцинского комплексов характеризуются средней или даже пониженной железистостью.

5. Щелочность пород — наиболее характерный фактор различия пород и отношения их к рудоносности.

В каледонском комплексе повышенной, по сравнению со средними типами, щелочностью отличаются гранодиорит-порфиры Калканаты, андезитовые порфириты  $D_1^1$  и андезито-дацитовые порфиры  $D_1^3$ . Граниты, алякситы и кварцевые порфиры по своей щелочности находятся на уровне средних типов, хотя и отличаются высоким содержанием калия и его резким преобладанием над натрием, особенно в кварцевых порфирах  $D_1^2$  (4,2—5,3). В гранодиорит-порфирах Калканаты, андезитовых порфиритах  $D_1^1$  и андезито-дацитовых порфирах  $D_1^3$  калий незначительно преобладает над натрием (1,2; 1,5; 1,6), однако отмечено общее высокое содержание щелочей. Для андезитовых порфиритов  $D_1^1$  характерно значительное преобладание натрия над калием: отношение калия к натрию равно 0,6.

При общей повышенной щелочности и преобладании натрия над калием породы указанных комплексов могут быть отнесены к щелочным базальтоидным породам, имеющим первичное происхождение или же образовавшимся в результате наложенных поствулканических процессов. Характерно, что описываемые породы связаны с кварцевыми порфирами, часть которых по петрохимическим особенностям близка к кератофирам, образуя, таким образом, характерную группу пород, приближающихся к спилито-кератофировым образованиям. Следовательно, мы можем ожидать в них развитие медноколчеданного оруденения, признаки которого имеются в западной части района.

В герцинском комплексе породы с повышенной щелочностью выделяются в раннегерцинском (диабазовые порфириты минбулакской свиты и сиенито-диориты  $S_2$ ) и среднегерцинском магматическом этапах. В таких породах содержание щелочей значительно превышает таковое в средних типах, по Дэли и Заварицкому, а содержание калия преобладает над содержанием натрия. Эти параметры выделяют указанные породы среди других. Так, гранодиориты кураминского и кызылсайского типов отличаются нормальной щелочностью, а отношение калия к натрию меньше или почти равно единице (0,4—0,9; 0,7—0,9), т. е. намечается слабое преобладание натрия над калием. Возможно, такое преобладание происходит за счет ассимиляции сланцевого материала. Указанная закономерность характерна и для эффузивов шурабсайской свиты, где повышение натрия в породах, видимо, объясняется влиянием соленосных прослоев в эффузивно-осадочной толще.

Начиная с эффузивов акчинской свиты, породы имеют нормальную щелочность и соотношение калия и натрия у них равно единице, т. е. эти породы по своим петрохимическим особенностям относятся к поро-

дам нормального ряда, не выделяясь какими-либо особенностями среди других.

Таким образом, в герцинском комплексе установлено несколько типов — диабазовые порфиры минбулакской свиты, сиенито-диориты  $S_2$ , гранодиорит-порфиры куюндинского и алмалыкского типов и фельзит-порфиры, — отличающихся от других повышенной щелочностью и преобладанием калия над натрием. Причем диабазовые порфиры, сиенито-диориты и диориты выделяются среди них повышенной железистостью. С этими же породами геохимически и пространственно связаны рудные месторождения медно-молибденовой формации.

Гранодиорит-порфиры куюндинского и алмалыкского типов, а также фельзит-порфиры имеют повышенную щелочность и нормальную железистость. Некоторым своеобразием отличаются гранодиориты кураминского типа. Для них характерна очень высокая общая железистость и преобладание натрия над калием. По-видимому, в связи с ними возможна локализация медноколчеданного типа оруденения. Заслуживают внимания также фельзит-порфиры; в них установлены повышенные щелочность и железистость и преобладание калия над натрием. Видимо, такой тип пород благоприятен для развития медно-висмутового оруденения, но до сих пор на эти породы не обращалось должное внимание.

6. Очень характерные особенности описанных типов пород выявляются при сопоставлении их со средними типами, по Дэли и А. Н. Заварицкому.

Большинство пород имеет щелочной облик и сопоставляется со щелочными разновидностями средних типов пород. В редких случаях (гранодиориты кураминского и кызылсайского типов, эффузивы акчинской, надакской и шурабсайской свит) породы среднегерцинского этапа магматизма имеют средний состав без щелочной тенденции. Другие породы — граниты, аляскиты — близки к щелочным разновидностям, но того же состава. И, наконец, породы повышенной основности и щелочности, связанные с рудным процессом (диабазовые порфиры минбулакской свиты, сиенито-диориты и диориты), относятся к щелочным габброидным и базальтоидным породам; гранодиорит-порфиры алмалыкские близки к трахиандезитам и латитам; фельзит-порфиры  $S_3$  относятся к трахилипаритам и липаритам.

Таким образом, все породы, в той или иной степени связанные с эндогенным оруденением, являются производными щелочной базальтоидной магмы, или же ее кислыми, но также щелочными разновидностями — латитами, трахиандезитами, трахилипаритами.

### Тектоника

Тектоническое строение Алмалыкского района характеризуется исключительно широким развитием складчатых и разрывных тектонических форм. В районе выделяются три цикла тектогенеза: каледонский, варисский и альпийский. Однако независимо от времени и характера проявления каждого цикла в тектоническом развитии района прослежены общие тенденции, которые в конечном счете и являются определяющими.

До последнего времени большинство геологов отводило ведущую роль Кураминскому антиклинорию. В зависимости от этого делались и основные тектонические построения, а именно — основными тектоническими структурами (складчатыми и разрывными) считались структуры северо-восточного простирания, параллельные простиранию Кураминского хребта. В настоящее время все больше накапливается новых

данных, доказывающих значительную роль тектонических структур северо-западного простирания, возникших в каледонское время и унаследованных герцинским тектогенезом. Эти данные отвечают оригинальным построениям, изображающим северо-западное простирание структур Срединного Тянь-Шаня, являющихся составными частями Урало-Тяньшаньских структурно-металлогенических зон (Гарьковец, 1964, 1967, 1968, 1970) и выделению, в соответствии с этим, поясов рудно-магматических комплексов Срединного Тянь-Шаня (Вольфсон, Гарьковец, Хваловский, 1970; Туляганов, Гарьковец, Хваловский, Вольфсон, 1968; Алферов, Арапов, Бухарин, Гарьковец и др., 1967).

**I. Складчатые структуры.** Характерной особенностью Алмалыкского района является блоковое строение, поэтому складчатые образования района мы должны рассматривать с учетом этого фактора. В районе выделены блоки: Северный — между Северным и Бургундинским разломами, Центральный — между Мисканским и Колбулакским разломами и Южный — к югу от Колбулакского разлома. В пределах отдельных блоков выявляются те или иные особенности складчатых структур, зависящие от глубины эрозионного среза и комплексов пород, обнажающихся в пределах каждого блока (рис. 2).

Далее к северо-востоку от описанной антиклинальной складки параллельно ей проходит синклиналиная складка. В Северном блоке она фиксируется крупными известняковыми массивами в низовьях р. Каракия и Каратагата; в Центральном блоке — отложениями надакской и шурабсайской свит; на юго-востоке складка снова проходит через известняковый массив рек Алмалык и Катранги и, смещаясь Мисканским разломом, прослеживается далее на юг по выходам карбонатных пород Мискана и Коктепе.

К востоку от описанной складки фиксируется крупная антиклинальная структура. В ядре антиклинали находится сиенито-диоритовый массив; западное крыло сложено целой серией сближенных линейных и брахиформных складок, образующих сложную складчатую структуру, в пределах которой размещаются крупные медно-молибденовые месторождения Алмалыкского района.

Восточнее описанной антиклинали отмечается синклиналиная складка, сложенная известняками нижнего карбона, а также образованиями минбулакской и шурабсайской свит и прослеживающаяся вдоль долины р. Саукбулак, через верховья саев Каттанау и Ургаз. Характерно, что от предыдущей складки она отделяется резким перепадом, фиксирующим линию Чайдарского разлома.

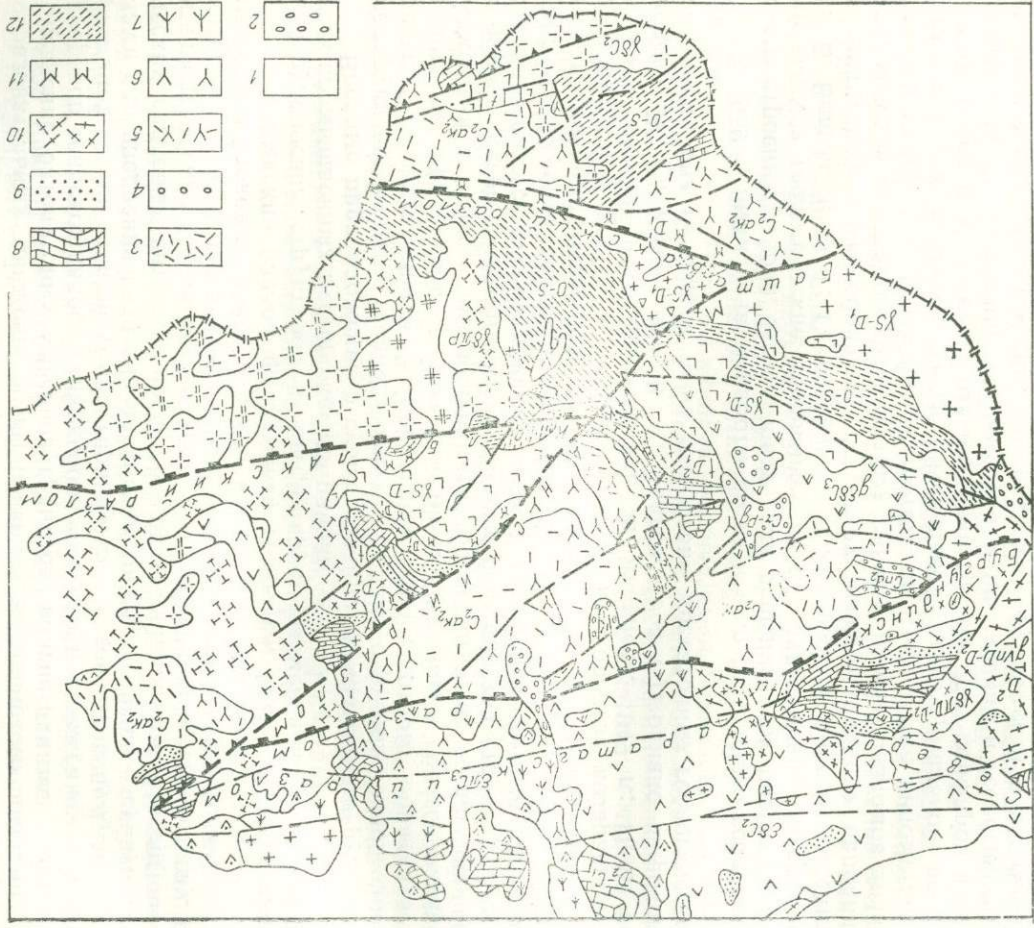
Таким образом, в описываемой части района выявляются и четко прослеживаются складчатые структуры северо-западного простирания. Кроме того, их можно проследить за пределами описываемой площади, в восточной части.

**II. Разрывные структуры.** На площади Алмалыкского района они пользуются широким развитием и представлены крупными разломами: Северным, Карабулакским, Бургундинским, Мисканским, Колбулакским, Баштавакским, Железным и многочисленными системами оперяющих их более мелких разломов и трещин (рис. 2).

Как отмечено выше, указанными разломами Алмалыкский район разбит на систему крупных тектонических блоков, отличающихся специфическими особенностями геологического строения, зависящими от глубины эрозионного среза и характера слагающих их пород. При наличии столь многочисленных разломов субширотного и северо-восточного простираний, а также блоковой структуры геологическую историю развития района и его рудоносность определяют не эти разломы, а дол-

Рис. 2. Схематическая геологическая карта Алтайского рудного района.

1 — четвертичные отложения; 2 — известняки и песчаники палеогена; 3 — известняки надкаской свиты; 4 — верхняя; 5 — нижняя; 6 — свита вкрянской свиты; 7 — верхняя; 8 — известняки и доломиты; 9 — известняки и песчаники; 10 — кварцевые порфиры; 11 — андезитовые порфиры; 12 — метаморфические порфиры; 13 — ранноорит-порфиры сланцы; 14 — кварцевые порфиры; 15 — сениит-порфиры, зинкиты; 16 — ранноорит-порфиры; 17 — кундин алмазского типа; 18 — кундинского, 19 — карамзского типа; 20 — сениит-сколо; 18 — кызылсажского, 19 — карамзского типа; 20 — сениит-порфиры; 21 — андезит-лаптовые порфиры; 22 — кварцевые порфиры; 23 — гранодиорит-монзониты; 24 — аляскиты; порфиры Калканата; 25 — аляскитонные граниты; 26 — биотитовые; 27 — палеоерупинские, 28 — паннееринские



- 28
- 27
- 26
- 25
- 24
- 23
- 22
- 21
- 20
- 19
- 18
- 17
- 16
- 15
- 14
- 13
- 12
- 11
- 10
- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1

гоживущие разрывные структуры (скрытые разломы фундамента) северо-западного простирания.

После завершения геосинклинального этапа развития территория района превратилась в обширную область с широким проявлением горообразовательных движений и интенсивного каледонского вулканизма. Внедрение батолитовых массивов гранитов, плагиогранитов, габбро и диоритов сопровождалось складкообразованием и заложением крупных разломов северо-западного простирания. Эти разломы послужили каналами для внедрения интрузий аляскитов, плагиогранитов и субвулканических силловых интрузий порфиридных монзонитов. Интенсивный нижнедевонский вулканизм превратил эту область в жесткую раму, на которой последующие тектонические движения отражались только перемещением блоков по ранее заложенным и новым разломам.

Алмалыкский разлом фундамента (Королев, 1941) является главной рудоносной структурой и контролирует размещение практически всех промышленных месторождений района.

Впервые предположение о существовании Алмалыкского рудоконтролирующего разлома, совпадающего в плане с руслом одноименной речки, было высказано А. В. Королевым (1941), который обратил внимание на приуроченность всех медно-молибденовых месторождений Алмалыка к полосе северо-западной ориентации, не согласующуюся с общим северо-восточным простиранием большинства структур. Алмалыкский разлом рассматривался им как глубинный разрыв палеозойского фундамента, контролирующей внедрение сиенитовых пород, интрузии гранодиорит-порфиров алмалыкского типа и размещение медно-порфириновых месторождений. К идее А. В. Королева возвращались и более поздние исследователи (Н. Я. Яковлева, 1949 г.; И. Б. Федорова, Ж. Н. Кузнецов и В. А. Арапов, 1958 г.), однако широкого признания она не нашла из-за отсутствия достаточных геологических фактов.

В 1959 г. были начаты работы по изучению глубинного геологического строения района. Используя для решения этой проблемы все имеющиеся геологические, геофизические и геохимические материалы, Н. Б. Вольфсон, В. Г. Гарьковец, А. Г. Хваловский смогли выделить и закартировать своеобразную структуру северо-западного направления, которая отличается от известных ранее в районе разломов значительной мощностью (до 5 км) и протяженностью (сотни километров). Эта структура характеризуется интенсивной гидротермальной проработкой пород и вмещает малые интрузии гранодиорит-порфиров и связанное с ними оруденение. По масштабам проявления и геологическим признакам она близка к скрытым разломам фундамента в понимании А. В. Пейве (1956) и И. Н. Томсона (Радкевич, Томсон, Горлов, 1956).

Для детального изучения выделенной структуры по системе опорных северо-восточных профилей выполнены комплексные геофизические и геохимические наблюдения методами магниторазведки, электроразведки (ВП), гравиразведки, сейсморазведки и металлометрии. По этим же профилям отбирались образцы для изучения физических свойств пород. Результаты работ по опорным профилям совместно с данными площадных геофизических и геохимических съемок позволили установить ряд важных геофизических и геохимических признаков Алмалыкского разлома.

Разлом четко проявляется линейной системой пониженных значений магнитного поля. Минимумы отвечают зонам немагнитных пород среди магнитных сиенито-диоритов. Эти зоны возникли в результате гидротермальной проработки сиенито-диоритов в экзоконтактах малых

интрузий гранодиорит-порфиров, внедрившихся по разлому. Наиболее четко разлом картируется в северном блоке, где сиенито-диориты и гранодиорит-порфиры имеют широкое развитие и выходят на дневную поверхность.

С помощью магнитной съемки установлено, что Алмалыкский разлом имеет две ветви — Балыктинскую и Накпайскую. Причем, если на возможность существования Накпайской ветви указывали в своих работах А. В. Королев, Н. А. Яковлева и Ж. Н. Кузнецов, то Балыктинская ветвь была выделена по данным комплексной интерпретации. Наиболее отчетливо каждая из ветвей проявляется в местах пересечения их с северо-восточными и широтными нарушениями, в которых, по-видимому, возникали наиболее благоприятные условия для проникновения в верхние горизонты малых интрузий гранодиорит-порфиров и связанных с ними рудных растворов. На основе этих представлений Н. Б. Вольфсоном, В. Г. Гарьковцом, А. Г. Хваловским были выделены наиболее перспективные участки Балыктинской зоны, оцененные к настоящему времени как месторождения.

В гравитационном поле Алмалыкский глубинный разлом картируется относительными понижениями значений силы тяжести, что объясняется уменьшением плотности пород в результате их гидротермальной проработки. Гравиразведкой зафиксирована лишь наиболее мощная и глубоко эродированная Накпайская ветвь. Специальные опытно-методические сейсморазведочные работы методом рефрагированных волн, выполненные А. П. Волиным и В. Я. Лапидусом, позволили установить, что Алмалыкский разлом характеризуется пониженными значениями скорости распространения упругих волн (4000—5000 м/сек). Неизменные породы имеют скорости 5500—6500 м/сек. В результате повышенной концентрации сульфидов зона Алмалыкского глубинного разлома также довольно отчетливо выделяется широкими аномалиями по методу вызванной поляризации, достигающими величин 4—10%.

Разлом фиксируется также ореолами рассеяния меди, вытянутыми в северо-западном направлении. Ореолы рассеяния свинца, окаймляющие ореолы меди с юго-запада и северо-востока, еще более подчеркивают контуры глубинного разлома. Зональное размещение ореолов рассеяния меди и свинца обусловлено первичной горизонтальной зональностью оруденения по отношению к штокам гранодиорит-порфиров, размещающимся вдоль разлома. Интересно отметить, что если вторичные ореолы рассеяния меди картируют зону в целом, то первичными ореолами рассеяния этого металла четко фиксируется еще и каждая из ветвей разлома в отдельности. Зона разлома характеризуется содержаниями меди в первичном ореоле, в два раза превышающими фон. Ветви разлома фиксируются содержанием меди в 8 раз выше фоновых.

Выявление перечисленных выше геофизических и геохимических признаков Алмалыкского разлома позволило детально закартировать его и по-новому осветить геологическое строение и металлогению Алмалыкского района. В плане разлом представляет собой сложнопостроенную ступенчатую структуру, возникшую в результате смещения отдельных фрагментов вдоль поперечных нарушений. Наиболее отчетливо эти смещения проявляются в магнитном поле и менее четко — в металлотрических аномалиях. Амплитуда сдвигов отдельных блоков достигает 1—3 км. Небольшие сдвиги по северо-восточным и субширотным разломам отмечались и ранее при проведении геологических съемок, однако особого значения этим перемещениям не придавалось.

Данные геофизики и геохимии привлекли внимание исследователей к сдвиговой тектонике. Были организованы специальные проверочные

работы, которые сопровождались бурением и во всех случаях подтвердили наличие сдвигов. В частности, бурением подтвержден левый сдвиг по Мисканскому разлому. Скважины, пройденные к северу от Мисканского разлома, вскрыли перемещенную в юго-западном направлении на несколько километров северную часть медно-порфирового месторождения Сарычеку, расположенного к югу от разлома.

Рассматривая характер перемещений фрагментов Алмалыкского разлома по поперечным нарушениям, можно сделать вывод, что они происходили под действием тектонических сил преимущественно северо-западного направления. Именно при таком направлении действующих усилий, привлекая понятие об эллипсоиде деформации, можно объяснить, почему по северо-восточным разломам происходили левые сдвиги, а по субширотным — правые.

Данные о положении глубинного разлома (с учетом горизонтальных подвижек) позволили выявить определенные закономерности в пространственном размещении интрузивных образований района. Установлено, что производные различных интрузивных фаз, слагающих Алмалыкский интрузивный массив, размещаются зонально по отношению к глубинному разлому. Между его ветвями располагаются породы первых двух фаз (габбро и диориты), к востоку от разлома развиты породы третьей фазы (среднезернистые сиенито-диориты), к западу — четвертой фазы (кварцевые сиенито-диориты) и, наконец, сами ветви разлома выполнены рудоконтролирующими интрузиями гранодиорит-порфиров, которые отдельные исследователи (Головин, Юрьева, 1963) рассматривают как последнюю фазу Алмалыкского интрузивного комплекса. Зональность в размещении продуктов магматизма относительно Алмалыкского разлома свидетельствует о том, что эта структура в течение длительного времени являлась основным магмовыводящим каналом. В то же время размещенные непосредственно в разломе интрузии гранодиорит-порфиров, с которыми генетически связывается медно-порфировое оруденение, позволяют рассматривать Алмалыкский разлом как главную рудоконтролирующую структуру Алмалыка.

Рудоконтролирующая роль разлома принята за основу при составлении прогнозно-металлогенической схемы района в масштабе 1 : 500 000 и прогнозных карт отдельных рудных полей. На этих картах Балыктинская и Накпайская ветви разлома отождествлены с меднорудными зонами. В местах пересечения его с крупными поперечными нарушениями размещаются как известные, так и прогнозные рудные поля (Н. Б. Вольфон и др.).

Поперечный разлом (Кузнецов, 1964) находится в западной части района и прослеживается с северо-запада на юго-восток по отдельным линейно вытянутым и дайкообразным телам кварцевых гиперстеновых монзонитов, габбро и аляскитов, внедряющихся по ослабленной зоне разлома в сланцевую толщу ордовика-силура. Характерно, что позднее, уже в позднегерцинское время, этот разлом послужил каналом для внедрения интрузии кварцевых мелкозернистых сиенито-диоритов.

В южной части района разлом, по-видимому, служил каналом при внедрении крупной батолитовой интрузии гранодиоритов кураминского типа — виден четкий переход от инъецированных сланцев к гранодиоритам. По нему же внедрялись дайкообразные тела гранодиорит-порфиров гушсайского типа. В северо-западной и центральной частях с ним, вероятно, связаны проявления меди и полиметаллов.

Чайдарский разлом (Кузнецов, 1964). Изучен очень слабо. Прослеживается по долине р. Саукбулак до месторождения Сарычеку и далее на юго-восток за Мисканским разломом (по долинам рек Ургаз,

Шаугаз и Сарыташ) устанавливается по резкой смене фаций вулканогенных и осадочных образований. В долинах рек Саукбулак и Ургаз развиты мощные толщи фельзитов и фельзит-порфиринов, известняков нижнего карбона и отложений свиты уя и минбулакской. В других частях района эти отложения отсутствуют, известняки  $S_1$  представлены редкими останцами с очень небольшой мощностью. Такая резкая смена фаций может быть объяснена только наличием долгоживущего прогиба типа узкого геосинклинального рва или же грабенообразного погружения. Представляется интересным, что вдоль предполагаемой зоны Чайдарского разлома устанавливаются интрузии основных пород типа монцитов и диоритов Саукбулака и Ургаза.

По-видимому, по зоне Чайдарского разлома внедрялась одна из ветвей интрузии сиенито-диоритов Алмалыка, с которой могут быть связаны проявления меди, полиметаллов и золота.

Кандырский разлом (Федорова, 1964). Этот разлом наименее изучен и предположительно намечается в междуречье Сарыташ-Кандыр и по правому борту р. Кандыр. Так же как и предыдущий, он фиксируется по резкой смене фаций вулканогенных и осадочных образований нижнего девона и верхнего палеозоя, а также «цепочкой» штоков гранодиорит-порфиринов куюндинского и других типов. В связи со сближением в этой части района многочисленных разломов субширотного и северо-восточного простираний Кандырский глубинный разлом многократно смещается и достоверно проследить его на всем протяжении затруднительно. Тем не менее, связь с ним проявлений полезных ископаемых (меди, молибдена, золота и других) делает эту задачу необходимой.

Баштавакский разлом (Наследов, 1935). Он относится к древним глубинным структурам. Этот разлом многократно обновлен и большинство исследователей считает его поздним, преднадакским образованием (Кузнецов, 1966). В то же время развитие по нему интенсивно метаморфизованных сланцев  $O-S$ , эффузивов нижнего девона, гранитов и плагиогранитов противоречит этому возрасту. Такая степень метаморфизма вообще не характерна для молодых разломов.

В Алмалыкском районе, кроме описанных, выделяется в настоящее время большое количество разломов герцинского и альпийского возрастов. К герцинским относятся все крупные и мелкие разломы северо-восточного и субширотного простираний — Карабулакский, Кальмакырский, Северо-Каратагский, Бургундинский, Мисканский, Колбулакский, Лашкерекский, Железный и другие; к альпийским только два: Северный и Калканатинский.

Не останавливаясь на подробной структурной и морфологической характеристике названных разломов (она приводится в других разделах), отметим следующее. Большинство этих разломов возникло на средних этапах герцинского цикла тектогенеза в связи с внедрением крупных батолитовых массивов гранодиоритов кураминского типа и интенсивной вулканической деятельностью позднего палеозоя (акчинская, надакская, шурабсайская свиты). Участие этих разломов в рудном процессе хорошо видно на примерах месторождений Кальмакыр, Дальнее, Сарычеку и других, где сопряжение Алмалыкского глубинного разлома и северо-восточных обеспечило наиболее благоприятные условия для рудоотложения.

Более тесная связь субширотных и северо-восточных разломов с рудным процессом намечается для поздних этапов герцинского цикла тектономагматизма.



## Глава II. МЕДНО-ПОРФИРОВЫЕ РУДНЫЕ ПОЛЯ РАЙОНА

### А. АЛМАЛЫКСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ

#### Геологическое строение Кальмакыра и петрографические особенности вмещающих интрузивных пород

Медно-порфировые месторождения Алмалыка изучены в достаточно высокой степени благодаря многолетним исследованиям Б. Н. Наследова, А. В. Королева, С. Т. Бадалова, Е. Р. Бутьевой и других геологов. Они являются типичными представителями месторождений медно-порфировой формации и характеризуются приуроченностью к монзонитовой интрузии и штокам гранодиорит-порфиров; имеют обычный для них набор рудных элементов (Cu, Fe, Mo, Au, Ag, Re, Se, Te) и определенный комплекс метасоматических изменений пород (калишпатизация, окварцевание, биотитизация, хлоритизация, серицитизация). Вместе с тем имеются существенные отличия этих месторождений от других месторождений медно-порфировой формации, определяющие генетические особенности, свойственные только им.

Месторождение Кальмакыр расположено в пределах Алмалыкского рудного поля, в нижних течениях рек Алмалык и Накпай. Площадь месторождения занимает левый борт долины р. Алмалык и протягивается вдоль нее в направлении юго-восток — северо-запад на расстояние более 3,5 км, включая участки Малый Кальмакыр, Большой Кальмакыр, Акчеку и Джаныбек. В геологическом строении месторождения участвует сложный комплекс интрузивных и осадочных образований, представленных кварцевыми порфирами  $D_1^2$ , андезито-дацитовыми порфирами  $D_1^3$ , доломитами и известняками  $D_2 - D_3$ ; диоритами и сенито-диоритами  $C_2$ ; гранодиорит-порфирами  $C_3$ ; субэффузивными дайкообразными и штокообразными телами и дайками гранодиорит-порфиров, диоритовых и диабазовых порфиритов.

Основными рудовмещающими породами являются сенито-диориты, диориты и кварцевые порфиры алмалыкского типа, остальные породы в рудном процессе почти не участвуют. Поэтому при характеристике рудовмещающей толщи основное внимание будет уделено сенито-диоритам и гранодиорит-порфирам алмалыкского типа.

Кварцевые порфиры  $D_1^2$  в пределах месторождения сохранились только в виде небольших ксенолитов, приуроченных к приконтактовым частям сенито-диоритов — диоритов или сенито-диоритов — известняков  $D_{2-3}$  и имеющих общее северо-западное направление простирания, параллельное контактам пород и рудной зоне месторождения. Здесь они интенсивно изменены гидротермальными процессами и несут промышленную рудную минерализацию преимущественно прожилкового типа. За пределами месторождения (Джаныбек, Балыкты) кварцевые порфиры также изменены, но оруденение в них отсутствует или представ-

лено сериями зон окварцевания и дробления северо-восточного простирания, имеющими локальное развитие. Одни исследователи (А. В. Королев, 1970; Ж. Н. Кузнецов) считают их интрузивными породами, другие (И. Б. Федорова, В. Ф. Викторов) — эффузивными образованиями, имеющими экструзивные фации.

Туфесвий, обломочный характер указанных пород установлен во многих местах района, в том числе и на месторождении Кальмакыр, где вскрываются туфо-песчанистые разности, претерпевшие глубокий метаморфизм. Мощности кварцевых порфиров колеблются от 200 м (Сарычеку) до 700 м (Кальмакыр), причем подстилающие породы здесь не были вскрыты. По внешнему виду — это однообразные светлые, розовато-серые породы с хорошо выраженной порфировой структурой, представленные вкрапленниками кварца, калиевого полевого шпата, плагиоклаза и листочков биотита в микрогранулитовой или микрогранитовой основной массе. Характерно, что во вкрапленниках наряду с кварцем большую роль играет плагиоклаз, калишпат имеет подчиненное значение. Основная масса состоит из кварца и калиевого полевого шпата.

При процессах метаморфизма кварцевые порфиры в отдельных случаях переходят в кварц-биотитовые мелкозернистые сланцы. При гидротермальной переработке кварцевые порфиры подвергаются интенсивному прожилковому метасоматическому окварцеванию и превращаются в кварц-серицитовые осветленные породы.

Андезито-дацитовые порфиры  $D_1^3$  и известняки  $L_{2-3}$  не имеют сколько-нибудь существенного значения в локализации промышленного медного оруденения. Они сохранились в виде небольших останцев в водораздельной части рек Алмалык-Накпай, на участке Акчеку и представляют собой надрудную часть месторождения. Только в отдельных случаях (в юго-восточной части Большого Кальмакыра) эти породы в виде блок-ксенолитов устанавливаются в зонах дробления на более глубоких горизонтах месторождения, претерпевают интенсивный гидротермальный метаморфизм и несут: андезито-дацитовые порфиры — несколько повышенные содержания золота, а известняки — скарново-полиметаллическое оруденение. Медное оруденение в этих породах развито слабо и приурочено в таких случаях к зонам дробления и окварцевания.

Андезито-дацитовые порфиры  $D_1^3$  на месторождении Кальмакыр представлены полого залегающей толщей мощностью 100—150 м, подстилающей карбонатные породы среднего девона. Эти породы превращены в кварц-серицитовые образования, утратившие первичный минеральный состав. Для них характерно довольно значительное развитие турмалина, наличие редких вкраплений флюорита, корунда и андалузита.

В участках непосредственного контакта андезито-дацитовых порфиров и сиенит-диоритов установлена довольно интенсивная хлоритизация и отмечается промышленная медная минерализация.

Известняки  $L_{2-3}$  на месторождении Кальмакыр также сохранились только в виде небольших останцев и представлены нижней частью разреза карбонатной толщи — горизонтом переслаивания мергелистых известняков и доломитов с песчанистыми разностями. Карбонатные прослои полностью изменены и превращены в серпентинизированные разности. Песчанистые прослои переходят в кварц-хлоритовые роговики и кварциты. В участках непосредственного контакта известняков с сиенит-диоритами и известняков с гранодиорит-порфирами встречаются небольшие линзообразные тела гранат-пироксеновых скарнов с медной и полиметаллической минерализациями.

Кварцевые порфиры, андезито-дацитовые порфиры и известняки играют незначительную роль в локализации оруденения, однако в изуче-

нии складчатых и разрывных структур месторождения их значение огромно.

Сиенито-диориты Алмалыка слагают массив площадью около 50—55 км<sup>2</sup>. О возрасте этой интрузии до сих пор существуют различные представления. С. Ф. Машковцев (1934) полагал, что формирование массива происходило в среднем карбоне. К. Н. Вендланд (1936) связывал время его образования с верхнекарбоновой историей геологического развития района на основании установленного им интрузивного контакта с вулканогенными образованиями среднего карбона. Ж. Н. Кузнецов (1964) считает сиенито-диориты преакчинскими. Этой же точки зрения придерживаются И. Б. Федорова (1966) и В. Ф. Викторов (1971). По И. М. Богомольному (1967), установленный активный контакт сиенито-диоритов с акчинской свитой позволяет уверенно относить их к образованиям пермского возраста.

Состав пород отдельных частей массива колеблется от диоритов до сиенитов. Некоторые авторы (И. Б. Федорова, В. Ф. Викторов) выделяют порфировидные и мелкозернистые разновидности, отмечая их более молодой возраст на том основании, что они прорывают акчинскую и надакскую свиты среднего и верхнего карбона. И. М. Богомольный (1967) указывает, что все перечисленные типы пород сиенито-диоритового массива (диориты, сиенито-диориты среднезернистые, порфировидные, мелкозернистые, монцониты, сиениты) являются фаціальными разновидностями единого массива.

При проведении детальных исследований геологической позиции сиенито-диоритовой интрузии, а также изучении петрографических и геохимических особенностей фаціальных разновидностей слагающих ее пород большое внимание уделялось физическим свойствам и химическому составу отдельных породообразующих минералов (А. В. Рабинович, Н. Н. Низаметдинходжаев). Для количественной характеристики геодинамических напряжений в период интрузивной деятельности использованы данные относительной структурной плотности (рыхлости) калиевых полевых шпатов. Результаты исследования изотопного состава кларкового свинца позволили на более прочной основе судить об относительном возрасте интрузии в целом, а также отдельных фаціальных ее разновидностей.

Микроскопическим изучением перечисленных пород установлено, что весь калиевый полевой шпат в диоритах имеет вторичное происхождение. В мелко- и среднезернистых сиенито-диоритах около 30—40% этого минерала представлено второй, более молодой генерацией, а в порфировидных разновидностях эта величина достигает 50—60% (табл. 1).

Таким образом, содержание первичного калиевого полевого шпата в породах изученного массива не превышает 15—20%, в диоритах он отсутствует или же проявлен в незначительных (до 1%) количествах. Плаггиоклаз преобладает над первичным калиевым полевым шпатом в 2—3 раза и породы массива, следовательно, должны быть отнесены к диорит-гранодиоритовому ряду.

Отдельные генерации калиевых полевых шпатов характеризуются различными особенностями состава, физических и оптических свойств (табл. 2).

Таким образом, первичные калиевые полевые шпаты средне- и мелкозернистых сиенито-диоритов характеризуются довольно близким составом полевых шпатов —  $Ort_{66} - 68 Ab_{30} - 30 An_1$ . Метасоматическая разновидность этого минерала резко отличается от первичных аналогов сравнительно высокими значениями калия и соответствует  $Ort_{90} - Ab_{10}$ .

Таблица

## Средний петрографический состав отдельных фацональных разновидностей сиенито-диоритов, %

Порода	К-во определений	Кварц	Калиевый полевой шпат	Плагиоклаз	Биотит	Роговая обманка	Пироксен
Диориты	6		4,1	$\frac{72,3}{68,2-74,3}$	$\frac{3,4}{2,3-6,2}$	$\frac{12,2}{10,1-14,8}$	5,3
Сиенито-диориты							
среднезернистые	8	$\frac{3,2}{2,6-3,8}$	$\frac{31,1}{30,4-32,0}$	$\frac{43,1}{11,9-44,6}$	$\frac{7,2}{6,3-8,3}$	$\frac{10,6}{8,9-11,2}$	—
мелкозернистые	6	$\frac{3,2}{2,6-3,8}$	$\frac{29,8}{29-30,9}$	$\frac{47,6}{46,3-46,3}$	$\frac{4,0}{6,1-8,5}$	$\frac{10,9}{9,5-12,0}$	—
порфиroidные	5	4,6	33,5	40,4	6,9	11,7	—

Примечание. В этой и следующих таблицах в числителе приводятся средние значения, в знаменателе — величины вариаций.

Аналогичная картина наблюдается при изучении угла оптических осей. Установлены сходство указанного параметра у первичных калиевых полевых шпатов средне- и мелкозернистых сиенито-диоритов и совершенно иные величины — для генерации метасоматического происхождения ( $-2v = 45^\circ; 50^\circ$  и  $35^\circ$  соответственно у калиевых полевых шпатов средне- и мелкозернистых, а также метасоматических).

Таблица 2

## Средний состав калиевых полевых шпатов Алмалыкского сиенито-диоритового массива, %

Порода, минерал	К-во анализов	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Сумма
Сиенито-диориты							
среднезернистые	5	$\frac{63,15}{62,0-63,4}$	$\frac{18,93}{18,7-19,1}$	$\frac{1,04}{0,8-1,1}$	$\frac{4,82}{4,6-4,9}$	$\frac{11,46}{11,1-11,8}$	99,40
мелкозернистые	3	$\frac{64,65}{64,3-64,9}$	$\frac{18,62}{18,4-18,8}$	$\frac{0,96}{0,9-1,1}$	$\frac{4,18}{4,1-4,4}$	$\frac{11,82}{11,0-11,5}$	99,53
Калиевый полевой шпат метасоматический	8	$\frac{65,18}{65,0-65,6}$	$\frac{18,42}{18,1-18,8}$	$\frac{0,10}{0,05-0,20}$	$\frac{1,1}{0,9-1,3}$	$\frac{15,31}{15,1-15,4}$	100,11

Калиевые полевые шпаты согласно данным инфракрасной спектроскопии отличаются различной степенью упорядоченности. Метасоматические разности представлены санидином и высоким ортоклазом. Первичные калиевые полевые шпаты характеризуются наличием высоких триклинных и моноклинных ортоклазов. Изучена плотность и относительная структурная рыхлость метасоматических ортоклазов изученных пород (табл. 3). Устанавливается прямая зависимость между плотностью и величиной угла оптических осей и обратная зависимость со значением параметра относительной структурной рыхлости. Метасоматические ортоклазы характеризуются наименьшей плотностью и упорядоченностью и более рыхлой и растянутой решеткой. Подтверждаются ранее отме-

ченные данные о близости или идентичности физических свойств первичных ортоклазов среднезернистых и мелкозернистых сиеенито-диоритов Алмалыкского массива.

Для получения более полной характеристики различных генераций ортоклазов, а также выявления их относительного возраста в средне- и мелкозернистых разностях сиеенито-диоритов изучен изотопный состав кларкового свинца, выделенного из калиевого полевого шпата. Приведенные данные (табл. 4) свидетельствуют об идентичности изотопного состава свинца полевых шпатов средне- и мелкозернистых сиеенито-диоритов и более молодом возрасте метасоматического ортоклаза-санидина.

Таблица 3

Средние величины плотности и относительной структурной рыхлости калиевых полевых шпатов сиеенито-диоритов

Порода, минерал	К-во определений	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Относительная структурная рыхлость (ω)
Сиеенито-диориты среднезернистый	5	2,556	8,245
мелкозернистый	3	2,555	8,233
Ортоклаз-санидин метасоматический	8	2,548	8,354

Таблица 4

Изотопный состав свинца ортоклазов сиеенито-диоритов\*

Порода, минерал	Изотопы свинца Pb 204-1		
	206	207	208
Сиеенито-диориты среднезернистые	18,39	15,73	39,65
мелкозернистые	18,38	15,70	39,61
Ортоклаз-санидин метасоматический	18,55	15,85	39,96

\* Среднее по трем определениям.

Характер распределения металлогенных элементов в калинатровых полевых шпатах (табл. 5) также, как и ранее изложенные особенности состава и свойств, свидетельствует о генетическом сходстве средне- и мелкозернистых сиеенито-диоритов. Молодая генерация ортоклаза-санидина отличается более высокими концентрациями металлогенных элементов и несколько большей амплитудой вариаций величин их содержания.

Таблица 5

Среднее содержание металлогенных элементов в калинатровых полевых шпатах сиеенито-диоритов, г/т

Порода	К-во определений	Pb	Zn	Cu	Au
Сиеенито-диориты среднезернистые	7	43 37—51	23 18—27	31 28—35	0,0034 0,0028—0,0042
мелкозернистые	4	40 25—49	25 21—29	42 36—47	0,0025 0,0020—0,0033
Ортоклаз-санидин метасоматический	10	68 39—80	34 28—41	50 40—75	0,0045 0,0030—0,0060

Плагиоклаз — наиболее распространенный минерал сиеенито-диоритов. По данным оптических исследований, измерениям поглощения в инфракрасной области спектра и химических анализов в составе плагиоклаза устанавливается от 34 до 40% анортита. Плотность этого минерала равна 2,633 г/см<sup>3</sup> для среднезернистых и 2,634 г/см<sup>3</sup> для мелкозернистых разностей изученных пород. Средний состав плагиоклаза средне-

зернистых разностей сиенито-диоритов по данным пяти химических анализов соответствует  $Ab_{50}An_{36}Ort_4$  ( $SiO_2$ —56,25%,  $Al_2O_3$ —27,3,  $CaO$ —8,17,  $Na_2O$ —7,48,  $K_2O$ —0,75%).

В мелкозернистых сиенито-диоритах устанавливается тот же состав плагиоклаза, соответствующий по результатам трех анализов  $Ab_{61}An_{35}Ort_4$  ( $SiO_2$ —58,42%;  $Al_2O_3$ —26,5;  $CaO$ —7,32,  $Na_2O$ —7,22,  $K_2O$ —0,69). Структурная рыхлость  $\omega$  плагиоклазов составляет 7,768 и 7,842 соответственно для средне- и мелкозернистых разностей сиенито-диоритов.

Таблица 6  
Среднее содержание металлогенных элементов в плагиоклазах сиенито-диоритов, г/т

Сиенито-диориты	К-во анал.	Pb	Zn	Cu	Au
Среднезернистые	5	39	30	37	0,0035
		$\frac{30-48}{37}$	$\frac{24-35}{24}$	$\frac{31-40}{33}$	$\frac{0,0024-0,0040}{0,0029}$
Мелкозернистые	3	$\frac{25-49}{25-49}$	$\frac{20-30}{20-30}$	$\frac{30-39}{30-39}$	$\frac{0,0024-0,0041}{0,0024-0,0041}$

В плагиоклазах и калинатовых полевых шпатах сиенито-диоритов определяются сопоставимые количества металлогенных элементов (табл. 6). Можно считать, что распределение металлогенных элементов в полевых шпатах среднезернистых и мелкозернистых фаций изученных пород почти одинаково.

Биотит широко распространен в породах сиенито-диоритового массива. Этот минерал характеризуется сравнительно высокой железистостью, концентрациями титана, свинца, цинка, меди и золота.

Таблица 7  
Оптическая и химическая характеристика биотитов сиенито-диоритов

Сиенито-диориты	К-во анал.	$n_m$	Г <sub>1</sub> , %	Fe, %	K, %
Среднезернистые	5	1,644	2,35	17,9	6,13
		$\frac{1,640-1,650}{1,646}$	$\frac{2,2-2,6}{2,30}$	$\frac{16,4-18,8}{18,1}$	$\frac{5,71-6,5}{5,91}$
Мелкозернистые	3	$\frac{1,640-1,650}{1,646}$	$\frac{2,04-2,05}{2,04-2,05}$	$\frac{17,2-18,9}{17,2-18,9}$	$\frac{5,2-6,6}{5,2-6,6}$

Продолжение таблицы 7

Сиенито-диориты	К-во анал.	Pb, г/т	Zn, г/т	Cu, г/т	Au, г/т
Среднезернистые	5	85	400	71	0,0091
		$\frac{76-95}{91}$	$\frac{320-450}{360}$	$\frac{64-80}{78}$	$\frac{0,0070-0,0105}{0,0083}$
Мелкозернистые	3	$\frac{85-99}{85-99}$	$\frac{310-400}{310-400}$	$\frac{70-86}{70-86}$	$\frac{0,0065-0,0096}{0,0065-0,0096}$

Отмечается достаточно отчетливая связь между поведением металлогенных элементов в биотитах и содержанием в них железа, титана и калия (табл. 7). Цинк, медь и золото коррелируются с железом и титаном, а свинец с калием.

Характер распределения элементов в средне- и мелкозернистых сиенито-диоритах можно считать совершенно одинаковым. Биотит, явля-

Таблица 8

## Баланс распределения химических элементов, приходящийся на биотит, %

Сиенито-диориты	Ti	Fe	Pb	Zn	Сi	Au
Среднезернистые	41,3	24,5	14,1	30,1	10,3	13,3
Мелкозернистые	40,2	27,8	14,6	32,6	12,5	14,6

ется концентратором титана (табл. 8). Значительная часть цинка также приходится на этот минерал.

В общем балансе распределения меди и золота биотит сиенито-диоритов играет второстепенную роль.

Роговая обманка является наиболее распространенным цветным минералом в породах сиенито-диоритового массива. Угол между третьей кристаллографической осью и Ng составляет 17—21°. Показатель преломления Ng варьирует от 1,676 до 1,698; Np = 1,652—1,674.

Роговая обманка сиенито-диоритов характеризуется значительными концентрациями железа, титана и кальция (табл. 9). В балансе распределения металлогенных элементов роговая обманка сиенито-диоритов занимает незначительное место. По отношению к породе в целом она включает в себя лишь 9% всей массы свинца сиенито-диоритов, 22—27% цинка, 12—14 меди и 17% золота. На этот же минерал приходится больше 50% титана, 30—45% железа и 23% кальция.

Таблица 9

## Оптическая и химическая характеристики роговых обманок сиенито-диоритов Алмалыка

Сиенито-диориты	C:Ng	Ng	Np	Ti, %	Fe, %	Ca, %	Pb, g/m	Zn, g/m	Cu, g/m	Au, g/m
Среднезернистые	19	1,679	1,658	2,04	14,89	8,1	45	405	59	0,0081
Мелкозернистые	20	1,694	1,671	1,96	14,4	7,8	37	340	63	0,0068

Акцессорная минералогия сиенито-диоритов Алмалыкского массива характеризуется определенными, только ей свойственными чертами (табл. 10). Отмечаются значительные концентрации апатита, практически отсутствует сфен, количество которого более чем в шестьсот с лишним раз меньше, чем в гранодиоритах кураминского типа, хотя содержание титана в сиенито-диоритах несколько более высокое. Изученные породы характеризуются значительными концентрациями магнетита.

Таблица 10

## Среднее содержание акцессорных минералов в сиенито-диоритах Алмалыка, g/m

Минерал	Средне-зернистые	Мелкозернистые	Порфири-видные	Минерал	Средне-зернистые	Мелкозернистые	Порфири-видные
Циркон	693	60	720	Торит	2	1	3
Апатит	5899	311	6200	Магнетит	30100	15400	23600
Сфен	9	3	12	Шеелит	2	5	4
Апатаз	1	1	3	Галенит	1	2	2
Рутил	4	381	6	Пирит	26	22	34
Ильменит	343	25	291	Халькопирит	2	3	5
Ортит	4	8	6	Молибденит	2	2	3
Ураноторит	1	1	1	Сфалерит	0,1	—	0,3
				Гранат	0,4	0,3	0,6

Сульфиды (пирит, халькопирит, галенит) являются довольно частой примесью. По сравнению с гранодиоритами кураминского типа, в сиенито-диоритах более чем на два порядка (в сто раз) выше концентрация ильменита и довольно высокое содержание циркона.

Представляет интерес рассмотрение характера распределения некоторых главных породообразующих элементов (железа, титана и кальция) в описываемой породе и установление тем самым взаимосвязи между петрохимическим и минералогическим составом пород.

Характер распределения железа в сиенито-диоритах Алмалыка отличается от поведения его в гранодиоритах кураминского типа (табл. 11). Если общностью указанных пород является близкая для них величина железа, приходящаяся на магнетит (около 50%), то для биотита и роговой обманки этот параметр различен. В гранодиоритах кураминского типа биотит заключает в себе лишь около 13% всей массы железа породы, для роговой обманки эта величина соответствует 20%.

Еще более контрастны различия в поведении титана. Более половины этого элемента приходится на биотит сиенито-диоритов и всего 0,05% — на сфен. В кураминских гранодиоритах на сфен приходится около 50% всего титана пород и меньше 20% — в биотите. Примечательной особенностью сиенито-диоритов являются сравнительно высокие (около 11%) значения кальция, приходящегося на апатит.

**Циркон.** Кристаллы его прозрачные, чаще желто-бурой окраски, обусловленной включениями и примазками окислов железа. Некоторые кристаллы содержат включения магнетита. Поверхность зерен шероховатая, наблюдается мелкая трещиноватость. Кристаллы циркона имеют идиоморфные очертания, в обломках они остроугольной формы. Удлинение зерен равно 2 при максимальной длине 0,4 мм. Большинство кристаллов призматического габитуса за счет хорошо выраженной и правильно развитой тетрагональной призмы [110], ограниченной на концах дипирамидой [111]. Эти две формы присутствуют во всех кристаллах, однако грани призмы значительно больше граней дипирамиды.

**Апатит** — один из наиболее распространенных (около 0,6%) акцессорных минералов сиенито-диоритов. Максимальная длина его кристаллов равна 0,6—0,7 мм при ширине 0,2—0,3 мм. Кристаллы апатита призматического габитуса с хорошо развитой гексагональной призмой, ограниченной на концах дипирамидой. Встречаются отдельные короткопризматические зерна. Значительно меньшим распространением пользуются кристаллы, ограниченные призмой в сочетании с дипирамидой и базопинакондом; лишь единичные зерна апатита ограничены только призмой. Преобладают бесцветные, водяно-прозрачные разновидности апатита. Значительное количество составляют апатиты с желто-бурым оттенком, обусловленным примазками и включениями окислов железа.

Зерна, поверхность которых полностью покрыта налетом или пленкой окислов железа, совершенно непрозрачны. Спорадически обнаруживаются апатиты с дымчатой окраской. Встречаются также зерна пол-

Таблица 11

Распределение железа, титана и кальция в минералах среднезернистых сиенито-диоритов, %

Минерал	Железо, приходящееся на минерал	Титан, приходящийся на минерал	Кальций, приходящийся на минерал
Полевые шпаты	1,8	5,2	50,6
Биотит	24,5	41,3	5,3
Роговая обманка	29,8	52,7	23,5
Магнетит	43,7	—	—
Сфен	—	0,05	0,003
Ильменит	0,4	3,1	—
Апатит	—	—	10,9



ностью темно-серые. Иногда отмечается зональное распределение окраски. Темно-серый цвет проявлен в центральных частях зерен, менее интенсивная или почти бесцветная окраска характерна для краевых зон. В некоторых зернах темные полосы располагаются параллельно поперечным сечениям. В единичных зернах дымчатая окраска имеет иногда зеленватый оттенок.

Сфен не характерен для сиенито-диоритов Алмалыка, тогда как в значительных количествах он присутствует в гранодиоритах кураминского типа, с которыми, как до сих пор полагают некоторые исследователи, изученные породы находятся в генетическом родстве. Кроме того, в сиенито-диоритах содержание титана несколько выше, чем в гранодиоритах кураминского типа. Казалось бы, что при высоких содержаниях титана сфен должен был бы концентрироваться в участках с наиболее высокой степенью ассимиляции карбонатного материала. В действительности же в изученных породах это не устанавливается. Содержание сфена в сиенито-диоритах, за редким исключением, не превышает нескольких грамм на тонну и лишь некоторые пробы показали более высокие концентрации (400—600 г/т).

Сфен образует конвертовидно-призматические кристаллы и реже — бесформенные выделения. Преобладают коричневые оттенки, хотя в каждой пробе встречались и зерна с медово-желтой окраской. При равном развитии призмы [111] и [110] и отсутствии пинакоидов кристаллы сфена приобретают «дипирамидальный» облик. Размер зерен колеблется от 0,2 до 0,8 мм. Часто в сфенах обнаруживаются включения рудного минерала, вероятно, магнетита.

Сиенито-диориты Алмалыка сравнительно детально охарактеризованы химическими анализами. Отмечены значительные колебания петрохимического состава изученных пород, что вполне естественно, поскольку отдельные участки интрузивного тела оказались в различной степени переработанными более поздними процессами. В особенности отмечается значительный привнос калия и образование метасоматических кристаллов ортоклаза-саннидина.

Описываемые сиенито-диориты относятся к группе пород, пересыщенных известью (табл. 12).

Таблица 12

Средний петрохимический состав сиенито-диоритов Алмалыка, %

Сиенито-диориты	К-во анализ.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	п. п.
Средне-зернистые	31	54,87	0,68	16,39	3,73	3,46	0,12	3,55	5,23	4,0	4,57	1,31
Мелко-зернистые	18	55,02	0,52	16,23	3,12	4,38	0,14	3,17	3,68	3,20	4,04	1,40

Значения параметров по А. Н. Заварицкому

Сиенито-диориты	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к	л
Средне-зернистые	1,60	3,3	16,2	64,5	41,3	38,7	20,0	57,0	0,1	—	—
Мелко-зернистые	13,9	4,8	13,2	68,1	55,3	44,1	0,5	54,2	0,64	3,6	—

Если фигуративные точки на векторной диаграмме усредненных составов изученных пород сравнить с данными средних значений по Дэлл, то можно заключить, что сиебито-диориты Алмалыкского массива более обогащены щелочами, чем монциты. Это естественно, так как даже тщательно отобранные для анализа образцы первичных неизмененных пород несут на себе следы наложенных процессов и, в частности, калиевого метасоматоза.

Сиебито-диориты характеризуются несколько повышенной концентрацией свинца, цинка и меди (табл. 13). Более 70% свинца изученных пород фиксируется в полевых шпатах. Темноцветные компоненты не играют особой роли в распределении этого элемента. На сульфид свинца приходится всего около 2% общего содержания его в породе.

Таблица 13  
Содержание металлогенных элементов в сиебито-диоритах  
Алмалыкского массива, г/т

Сиебито-диориты	К-во анал.	Pb	Zn	Cu	Au
Среднезернистые	34	43	78	49	0,0052
		38—46	59—84	44—61	0,0040— 0,0059
Мелкозернистые	29	41	89	48	0,0041
		37—48	62—93	40—55	0,0036— 0,0049

Связь цинка с железом в петрорудном процессе обусловила вхождение его в железосодержащие минералы (табл. 13). Основная масса этого элемента проявлена в биотите, роговой обманке и магнетите. Характер поведения меди и золота несколько иной. Указанные элементы сравнительно равномерно распределены между лейкократовой и меланократовой частями сиебито-диоритов. Около 50% всей массы меди пород приходится на темноцветные минералы, причем значительная часть ее сконцентрирована в магнетите (табл. 14).

Таблица 14  
Распределения металлогенных элементов в минералах  
среднезернистых сиебито-диоритов Алмалыкского массива, %

Минерал	Количество элемента, приходящегося на минерал			
	Pb	Zn	Cu	Au
Кварц	—	—	2,0	1,8
Ортоклаз	30,8	10,0	20,4	19,5
Плагиоклаз	40,3	17,1	32,6	28,7
Биотит	14,1	30,0	10,2	13,3
Роговая обманка	9,5	22,8	12,2	17,2
Магнетит	2,4	20,0	20,4	19,5
Халькопирит	—	—	2,0	—
Галенит	2,3	—	—	—

Гранодиорит-порфиры. В пределах Кальмакырского месторождения прослеживается в направлении северо-запад — юго-восток «цепочка» штоков гранодиорит-порфиров. Некоторые из них представлены крупными выходами на поверхности, другие же установлены геофизическими методами и по скважинам. По петрографическому составу

и петрохимическим особенностям гранодиорит-порфиры разных штоков различаются иногда довольно значительно, но их положение в структуре месторождения и характер взаимоотношений с вмещающими сиенито-диоритами могут свидетельствовать о единстве глубинного магматического очага и возрастной близости этих пород.

В пределах месторождения выделяются штоки Малый и Большой Кальмакырские, Акчекинский, Джаныбекский и другие более мелкие, а также дайкообразные фации и апофизы указанных штоков. Породы Кальмакырского и Акчекинского штоков аналогичны по составу и принимаются за один тип. Породы Джаныбекского штока довольно значительно отличаются от первых по петрографическому и петрохимическому составу и, возможно, по возрасту.

Возрастное положение штоков может быть определено на месторождении только по отношению к сиенито-диоритам  $S_2$ , но за пределами месторождения установлены их взаимоотношения с породами минбулакской и оясайской свит, свидетельствующие о их возрастной близости к последним.

На месторождении Кальмакыр внедрение даек гранодиорит-порфиров вдоль зон основных разломов и оперяющих их систем трещин также свидетельствует о довольно молодом возрасте гранодиорит-порфиров, внедрившихся после заложения основных разломов субширотного и северо-восточного простираний.

Гранодиорит-порфиры алмалыкского типа представляют собой светло-серую, светло-розовую порфировую породу с четко выделяющимися фенокристаллами розового калишпата, мелкими таблитчатыми и призматическими кристаллами плагиоклаза и темноцветных в светло-розовой мелкой основной массе. Распределение вкрапленников кварца неравномерное, в одних случаях количество его значительно и представлен он многочисленными округлыми кристаллами, в других — вкрапленники кварца редки.

Основная масса микрогранитовая и микрогранулитовая, состоит из кварца и калиевого полевого шпата (преобладающего).

Содержания породообразующих минералов в породе, по подсчетам А. В. Рабиновича (1969), выражаются такими величинами, %: кварца — 25,0; плагиоклаза — 32,2; калиевого полевого шпата — 27,8; биотита — 15,0. Порода по своему составу чаще соответствует кварцевому сиенито-диорит-порфиру, чем гранодиорит-порфиру. Структуры этих разновидностей обычно порфировые с мелкозернистой основной массой, в которой наблюдаются микрогранитовая, микрогранулитовая структуры.

Отличительной особенностью алмалыкских гранодиорит-порфиров являются высокие содержания минералов железа (магнетита, пирита и гематита), а также апатита (до 1300 г/т) и циркона (около 400 г/т), сфена гораздо меньше, чем в гранодиорит-порфирах куюндинских и кураминских.

Высокие содержания апатита в описываемых гранодиорит-порфирах многие исследователи объясняют его образованием в результате гидротермальной переработки породы. Кристаллы апатита длинно- и короткопризматические, но кристаллические формы встречаются редко; величина их до 0,3—0,5 мм. Апатит чаще всего непрозрачный, матово-белого или желто-бурого цвета.

Циркон в описываемых гранодиорит-порфирах встречается часто, но кристаллы его мелкие (0,1—0,2 мм), формы их удлинено-призматические с дипирамидальными окончаниями; цвет розоватый или бледно-желтый.

Содержания магнетита в гранодиорит-порфирах алмалыкских высокие (до 8—20 кг/т), но изменчивость количеств его в разных участках также очень большая — от 29 до 0,2 кг/т.

Из других аксессуарных минералов часто встречаются сфен (от 600 до 0,5 г/т) и реже ортит (1—0,1 г/т); постоянно присутствуют рудные минералы: халькопирит, молибденит и галенит, очень распространен пирит.

Гранодиорит-порфиры алмалыкские по комплексу аксессуарных минералов относятся к магнетит-апатитовому типу пород. По петрохимическому составу их можно отнести к нормальным послекембрийским гранитам Дэли или щелочным дацитам А. Н. Заварицкого.

Гранодиорит-порфиры джаныбекского типа развиты в южной части рудного поля на участке Джаныбек. Это более молодые образования, чем гранодиорит-порфиры алмалыкские, так как имеют с ними четкие интрузивные контакты. От алмалыкских они отличаются большей степенью раскристаллизации, повышенной щелочностью и меньшей степенью гидротермальной проработки. Микроскопически — это буфоровато-красные порфирывые до порфировидных пород с преобладающим количеством вкрапленников над основной массой и малым количеством кварца. Калишпат в породе имеет подчиненное значение и не образует крупных фенокристаллов, характерных для гранодиорит-порфиров алмалыкских.

С гранодиорит-порфирами алмалыкского и особенно джаныбекского типов тесно связаны взрывчатые брекчии и экструзивные дайкообразные тела так называемых гранодиорит-порфиров «черных» и сложных даек лампрофиров. Эти породы имеют переходный облик между глубинными телами описываемых гранодиорит-порфиров и изменившимися вулканогенными образованиями верхнепалеозойского возраста. Развитие их в пределах рудного поля, в экзоконтактах штоков и широкое распространение за границами поля во взаимоотношениях с другими жилами пород создает благоприятные условия для изучения возрастных и генетических взаимоотношений гранодиорит-порфиров с другими породами района и определения возраста медно-молибденового оруденения. Дайкообразные тела этих пород имеют протяженность от десятков метров до 1,0—1,3 км при мощности 5—30 м; размеры изометричных тел от 20—50 м до 300×500 м и более.

Состав и особенности взрывчатых брекчий гранодиорит-порфиров разнообразны и зависят от их положения в геологической структуре района, удаленности от штоков гранодиорит-порфиров и глубины эрозионного среза. В одних случаях, это — изометричные тела грубообломочных пород, в других — линзо- и дайкообразные тела обломочных и сложных гибридных пород и в третьих — линейные зоны брекчирования и интенсивной гидротермальной проработки.

Пространственное распределение описываемых типов характеризуется следующими особенностями: крупные изометричные тела крупнообломочных брекчий приурочены к зонам глубинных разломов северо-западного простирания и прослеживаются вдоль них цепочками тел; линзообразные и дайкообразные тела мелкообломочных и сложных гибридных пород отмечены в апикальных частях «малых» интрузий гранодиорит-порфиров и во вмещающих породах, они далеко уходят за пределы рудного поля. Простирание их субширотное, реже северо-западное. Наконец, зоны брекчирования и гидротермального метасоматоза развиты в надрудной толще и приурочены к сопряжениям глубинных разломов с секущими их разломами субширотного и северо-восточного простирания. Связь между указанными типами взрывчатых брек-

чий устанавливается достаточно четко по наличию переходных разновидностей.

Дайкообразные тела сложных гибридных пород по простиранию переходят в линзообразные и неправильные тела мелкообломочных брекчий, да и в самих дайках устанавливается значительное количество обломков других пород и обломков кварца.

Зоны брекчирования и кварцевого метасоматоза с удалением от зон сопряжения разломов также переходят в взрывные брекчин, вначале измененные и с обломками кварца, а затем менее измененные с обломками хлоритизированных пород. По внешнему облику взрывные брекчи представляют собою буровато-черные и черные порфиновые породы с крупными хорошо выраженными вкрапленниками калиевого полевого шпата.

Под микроскопом породы центральных частей даек представлены кварцевыми сиенито-диорит-порфирами, монцонит-порфирами, редко гранодиорит-порфирами; структура породы порфировая с аллотриоморфнозернистой, микропегматитовой, монцонитовой или среднезернистой структурой основной массы.

Количественные соотношения породообразующих минералов, %: плагиоклаз — 30, калишпат — 45, темноцветные — 15, кварц — 8—10. В порфиновых выделениях — плагиоклаз, калишпат, кварц, биотит, роговая обманка. Общее количество вкрапленников составляет 25—30% от объема породы. Основная масса (до 70% объема породы) состоит из преобладающего количества калишпата, меньшего — плагиоклаза, кварца и темноцветных.

В периферических частях даек и изометричных телах взрывных брекчий порода также имеет порфировую структуру, но порфировые выделения редки и занимают всего лишь до 20% объема породы. Структура основной массы неясно зернистая, иногда неясно комковатая. Порфировые выделения представлены темноцветными, плагиоклазом, кварцем, калишпатом. Темноцветные в порфиновых выделениях преобладают над остальными и представлены пироксеном, роговой обманкой, биотитом. Пироксен, как правило, карбонатизируется и хлоритизируется.

Основная масса состоит из преобладающего количества калишпата, подчиненного количества темноцветных (до 15—20%), плагиоклаза (10—18%) и кварца (3—5%). Для основной массы характерно субпараллельное расположение темноцветных минералов. Обломочный материал взрывных брекчий по крупности и составу разнообразный. Размер обломков варьирует от долей до десятков сантиметров; иногда встречаются обломки по несколько метров в диаметре. По составу обломки пород принадлежат известнякам, кварцевым порфирам, сиенито-диоритам, диоритам, эффузивным породам и гранодиорит-порфирам. Состав обломочного материала зависит от состава вмещающих пород, однако часто встречаются обломки, не имеющие отношения к окружающим и вынесенные, по-видимому, со значительных глубин.

В местах обогащения взрывных брекчий обломочным материалом цементирующая масса также получает мелкообломочный характер и приобретает вид туфобрекчий андезитового или трахиандезитового составов. Изучение петрохимических особенностей взрывных даек показало, что эти породы более основные по составу и отвечают трахиандезитам или трахитам. Для них характерна пересыщенность глиноземом и щелочами, но калий преобладает над натрием. Породы богаты железом и, следовательно, ближе стоят к латитам, петрохимически отвечая щелочным основным разновидностям гранитоидного ряда. При минера-

логическом изучении взрывчатых брекчий установлен довольно сложный комплекс рудных и аксессуарных минералов. Содержания магнетита ( $g/t$ ) колеблются от 80 до 30 000 (с преобладанием высоких значений), апатита — от 300 до 2000, циркона — от 20 до 400, сфена — до 60. В отдельных пробах отмечены высокие содержания галенита и пирита, а также рутила, ортита, шеелита и других минералов. При гидротермальной проработке пород происходит значительное выщелачивание или вынос магнетита, апатита, циркона, но зато возрастают содержания рудных элементов.

Повышенные содержания рудных элементов и фтора, бора, фосфора (табл. 15) свидетельствуют о тесной возрастной и генетической связи взрывчатых брекчий с гидротермальным рудным процессом.

По данным спектральных анализов, выполненных на ДФС-13, для взрывчатых брекчий характерно повышенное содержание таких элементов как титан, хром, ванадий, церий и стронций, что, по-видимому, связано с повышенной основностью и щелочностью этих образований (табл. 16).

Из приведенного материала можно сделать следующие предварительные выводы.

Формирование сиенито-диоритового массива Алмалыка по характеру геологического развития района и взаимоотношению с вмещающими породами можно связывать с поздними стадиями развития герцинской геосинклинали Кураминской подзоны, а не со средними этапами, как это считалось ранее.

Сходство петрографического состава, петрохимических особенностей, аксессуарно-минеральной специализации, распределения металлогенных элементов и изотопных отношений кларкового свинца полевых шпатов средне- и мелкозернистых сиенито-диоритов позволяют полагать, что указанные породы являются фаціальными разностями единого массива.

Породы, слагающие интрузивное тело, могут быть отнесены к диорит-гранодиоритовой формации; повышенная щелочность вызвана воздействием более поздних метаморфогенных процессов и, в частности, калневого метасоматоза.

По ассоциации аксессуарных минералов сиенито-диориты относятся к апатит-магнетитовому типу.

Изученные породы не характеризуются четко выраженной геохимической специализацией на свинец, цинк, медь и золото.

Определяется металлогеническая специализация сиенито-диоритов на медь и золото. Особенно четко проявляются кристаллохимическая и метасоматическая ее формы.

Характер распределения меди и приуроченность ее к магнетиту обусловили возможность перераспределения этого элемента в результате выноса его гидротермальными растворами и переотложения в сульфидной форме. Изучением поведения магнетитов от неизменных сиенито-диоритов до метасоматитов устанавливается постепенное уменьшение содержания минерала в зависимости от интенсивности гидротермальной переработки пород. В кварцево-серицитовых породах, образованных по сиенито-диоритам, магнетит замещается гематитом. При этом высвободившиеся части железа и меди образуют в кварцево-серицитовых метасоматитах концентрации халькопирита. Аналогичному процессу переотложения подвергается, очевидно, и золото.

Таким образом, мобилизационная метасоматическая форма металлогенической специализации имеет существенное значение и сравнительно распространена в сиенито-диоритах Алмалыка.

Таблица 15

## Средние содержания рудных элементов в взрывчатых веществах %

Среднее	Место взятия	Pb	Zn	Cu	Mo	Ag, г/г	As	Bi	P
Из 26 пр.	Р. Алмалык	0,0103	0,0659	0,2612	0,0015	0,4250(6)	0,0560(7)	0,0016(21)	0,1217(7)
Из 4 пр.	Кальмакыр	0,0014	0,0105	0,0139	0,0002	—	0,1000	0,0058	0,1300
Из 18 пр.	Р. Каульды	0,0047	0,0051	0,0044	0,0002	0,2028	0,0150	0,0075	0,1440
Из 19 пр.	Р. Кызата	0,0250	0,2773	0,0624	0,0010	0,0150	0,0425	0,0075	0,1762
Из 23	Уч. Северный Р. Кызата	0,0066	0,0220	0,0078	0,0001	0,0072	0,0666	0,0072	0,1080

Примечание: В скобках — количество анализов.

Таблица 16

## Содержание химических элементов в взрывчатых веществах

Среднее значение	Место взятия	Li	Na	Ca	Cl	Ag	Sn	Ga	Zn	As	Bi	Se	Te	U	Yb
Из 14 пр.	Джаныбек, скв. 73. 93	3д	2т	8т	1т	9т	3дт	1т	2т	2с	2дт	1т	1с	1т	1т
Из 5 пр.	Каульды	4д	1т	—	1т	5т	1дт	1т	3с	3с	—	—	2с	—	—
Из 2 пр.	Кызата	7д	3с	6с	3т	—	1дт	6дт	2т	6с	7дт	1с	5д	8с	1дт

ГЕОЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Площадь месторождения сложена преимущественно магматическими породами: кварцевыми порфирами, сиенито-диоритами и гранодиорит-порфирами алмалыкского типа. Песчано-карбонатные отложения сохранились в виде небольших ксенолитов. Наиболее древние — кварцевые порфиры ( $D_2^a$ ). Обнажаются они на юго-западе месторождения, за Кальмакырским разломом, на небольшой (около  $0,3 \text{ км}^2$ ) площади (рис. 3).

Макроскопически — это породы светло-розового цвета с хорошо выраженной порфировой структурой. Порфиробные выделения состоят из 30—45% объема породы и представлены кварцем, плагиноклазом и калиевым полевым шпатом; структура основной массы — микрогранулитовая. Средний минеральный состав кварцевых порфиров, %: кварц — 32, плагиоклаз — 30, ортоклаз — 34, биотит — 4.

Максимальная мощность кварцевых порфиров на месторождении вне рудного контура установлена до 400 м (скв. 241). Здесь кварцевые порфиры прорываются несколькими апофизами сиенито-диоритов ( $ESC_2$ ). Для изучения взаимоотношений между кварцевыми порфирами и сиенито-диоритами пройдены каналы, документация которых показала, что контакты между изучаемыми породами тектонические и эти породы интенсивно серицитизированы. К югу от месторождения, на участке Ялпыс, сиенито-диориты на контакте с кварцевыми порфирами имеют зону закалки, что свидетельствует о более позднем образовании сиенито-диоритов. На месторождениях Сарычеку и Кальмакыр кварцевые порфиры являются рудовмещающими, однако на месторождении Дальнем промышленное оруденение в них не установлено.

Карбонатные отложения  $D_{2-3}$  в пределах месторождения на поверхности не обнаружены. Они встречены в виде небольших (до  $100 \text{ м}^2$ ) ксенолитов только буровыми скважинами примерно до глубины 100 м и ниже не отмечаются. За пределами месторождения, к югу от Кальмакырского разлома, эти отложения вскрыты на различных глубинах (до 600 м). Это косвенно свидетельствует о том, что месторождение Дальнее размещается в приподнятом блоке, и карбонатные породы уничтожены последующей эрозией.

Вследствие сильного изменения карбонатных пород нельзя уверенно определить принадлежность их к какому-либо стратиграфическому горизонту. Предположительно они относятся к живетскому ( $D_{2gv_2}$ ) и франскому ( $D_{2fg}$ ) ярусами.

СТРУКТУРА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

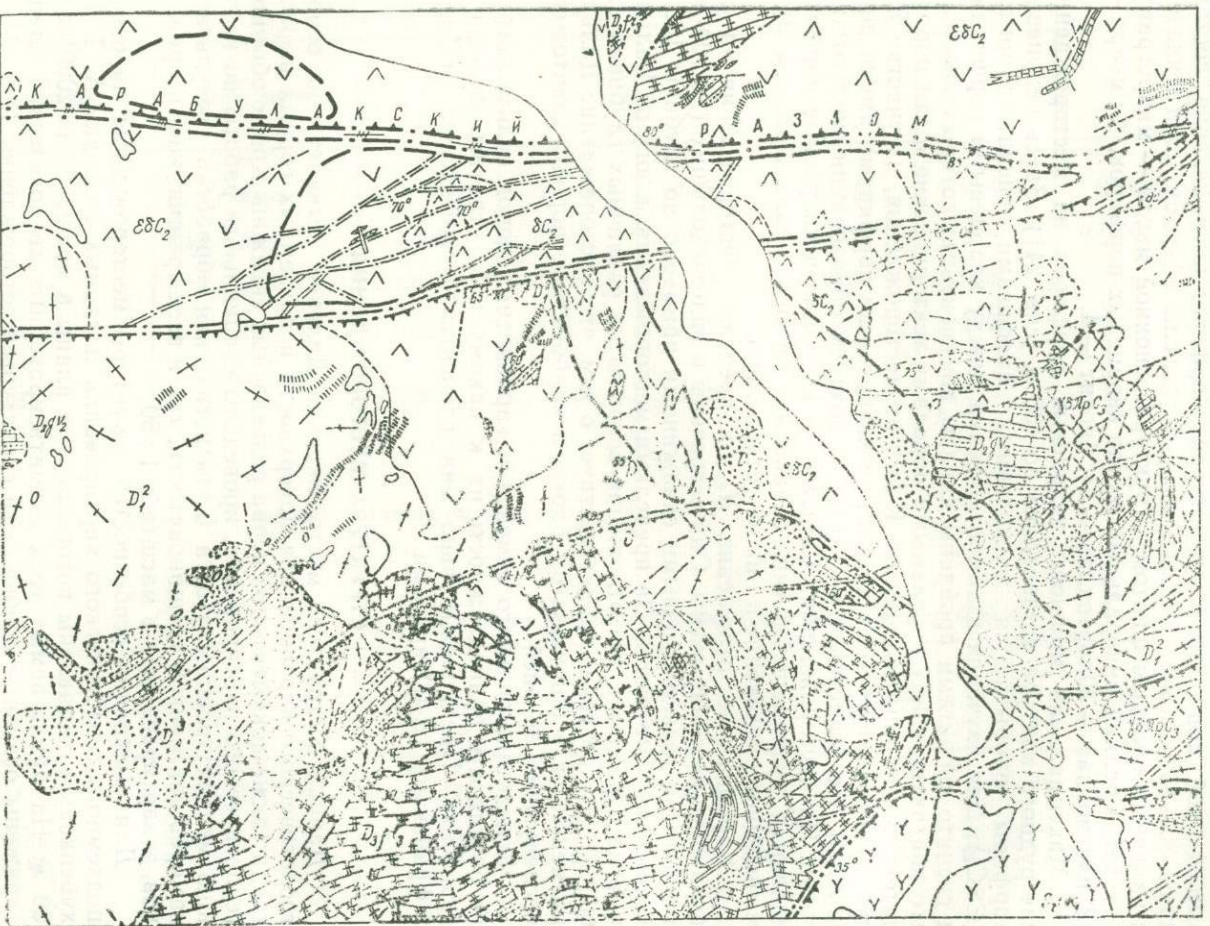
Данные о структуре месторождения Дальнее выявлены на основе геологического картирования поверхности и подземных горных выработок, а также документации керна разведочных скважин. Кроме обычного геологического картирования, проведены специальные работы по изучению мелкой трещиноватости и статистическая обработка результатов замеров как мелкой трещиноватости, так и всех трещин, жил и прожилков, закартированных в масштабе 1 : 50.

Для выявления особенностей структуры месторождения на основе подземного геологического картирования и данных разведки А. Т. Рахубенковым составлены погоризонтные планы в масштабе 1 : 2000 через 60 м. На прилагаемых трех схематизированных геологических планах отражены основные особенности структуры месторождения (рис. 4).



Рудное поле, включающее два рудоносных штокверка (Дальнее и Малый Кальмакыр), располагается в тектоническом клине, ограниченном с севера широтным Карабулакским разломом и с юга Кальмакырским, на востоке пригнеленным к Карабулакскому разлому (рисунки 4—7). Наиболее крупный в районе — Карабулакский, по классификации А. Н. Невского (1959) относимый к III порядку. Падение разлома по данным геологического картирования крутое (80—85°) северное, по

- |  |    |
|--|----|
|  | 1  |
|  | 2  |
|  | 3  |
|  | 4  |
|  | 5  |
|  | 6  |
|  | 7  |
|  | 8  |
|  | 9  |
|  | 10 |
|  | 11 |
|  | 12 |
|  | 13 |
|  | 14 |
|  | 15 |
|  | 16 |
|  | 17 |
|  | 18 |
|  | 19 |
|  | 20 |



данным геофизических работ (магнитометрия и др.) — южное (Вольфсон, Гарьковец, Хваловский, 1961, 1964). Можно предположить, что Карабулакский разлом на глубине нескольких сотен метров меняет крутое северное падение на южное, что получило отражение в геофизических полях. Таким образом, в более крупном плане месторождение Дальнее находится в висячем боку Карабулакского разлома, который и является рудоподводящей структурой.

Выражен Карабулакский разлом мощной (20—95 м) зоной дробления. В пределах месторождения зона разлома на поверхности представлена отрицательными формами рельефа, за пределами месторождения фиксируется гребешками кварцевых жил. Наиболее детально разлом изучен на глубине 100 м от поверхности. Здесь мощность зоны разлома составляет 95 м, падение северное — 80°. Зона представлена сильно измененными развальцованными кварц-серицитовыми породами, чередующимися с прослоями тектонической глинки мощностью 0,8—13,0; наибольшая (13 м) мощность глинки трения тяготеет к висячему боку разлома.

В породах разлома встречены тонкие (1—5 мм) прожилки и просечки гипс-кальцитового состава, из рудных минералов — пирит и молибденит. По простирацию строение Карабулакского разлома неоднородно, в отдельных участках отмечены кварцевые жилы и прожилки. К востоку мощность его уменьшается до 20 м, падение до вертикального. Рудные тела в разломе не установлены, однако фиксируется непромышленная минерализация меди (0,06—0,15%), молибдена (0,001—0,008%), золота (от следов до 0,4 г/т), серебра (от следов до 5,7 г/т). От зоны Карабулакского разлома к центру месторождения содержания меди в рудах постепенно повышаются (от бедных к забалансовым и балансовым). Эта особенность косвенно указывает на то, что Карабулакский разлом был рудоподводящим каналом, а более мелкие трещины — рудо локализующими. Об этом свидетельствуют и геохимические особенности месторождения. В распределении концентрации сульфатной серы выявилась интересная особенность: на одном из горизонтов низкие (0,03—0,08%) содержания сульфатной серы в рудах месторождения резко сменяются относительно повышенными (0,83—4,72%) концентрациями в зоне разлома.

Второй по величине и значению — Кальмакырский разлом (V порядок). Он имеет близширотное простираение и падение на юг, представлен зоной дробления мощностью 16—20 м. Наиболее детально разлом изучен на одном из горизонтов на глубине 100 м от поверхности, где он разделяет месторождение Дальнее и Северо-Западный Балыкты. Здесь мощность зоны разлома составляет 16 м, падение южное — 68°, вдоль висячего бока разлома закартирована дайка гранодиорит-порфиров алмалыкского типа, что позволяет датировать заложение Кальмакырского разлома до внедрения гранодиорит-порфиров алмалыкского типа (C<sub>3</sub>—P<sub>1</sub>).

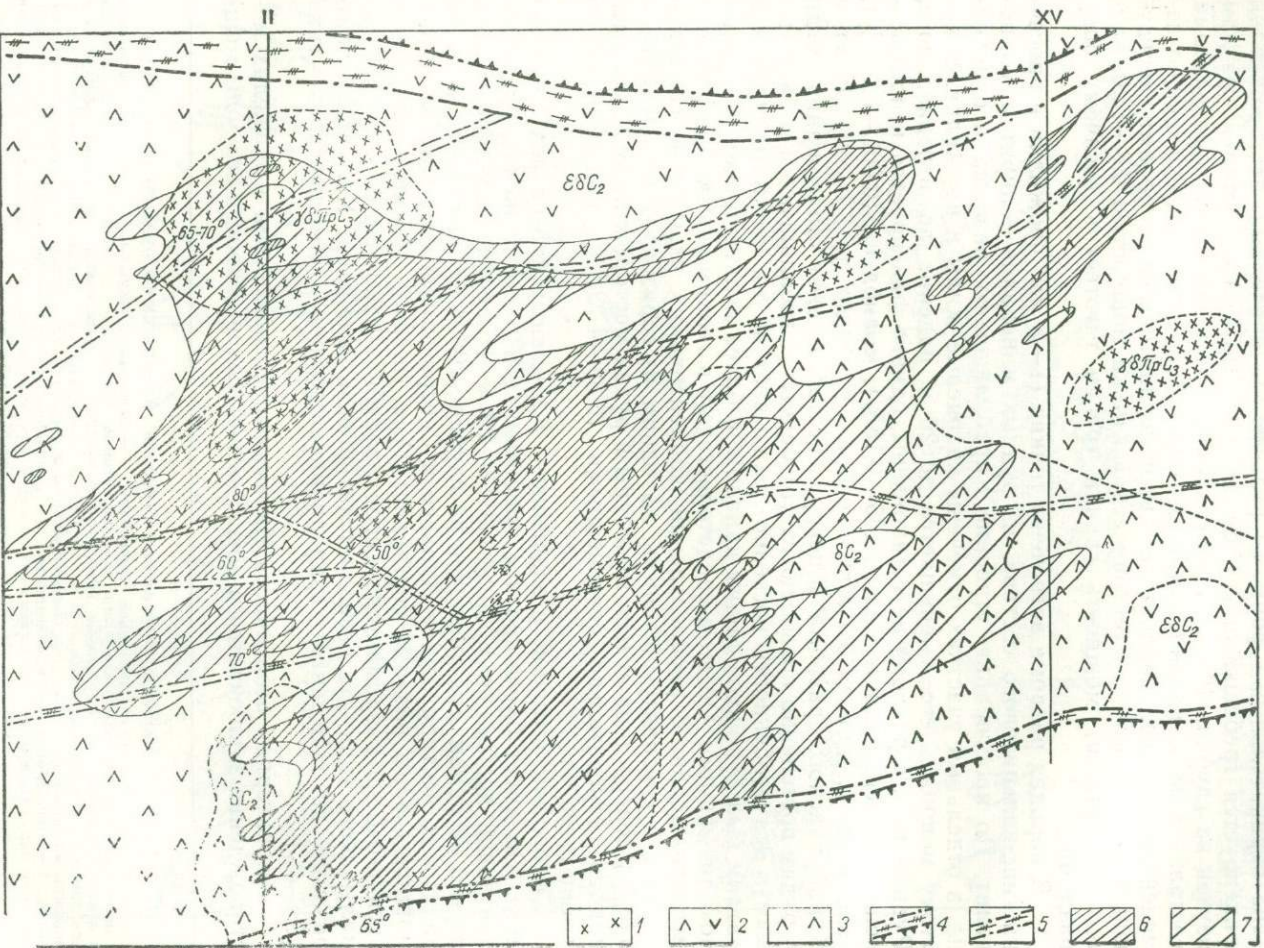
Характерная особенность Кальмакырского разлома в пределах месторождения заключается в повсеместной выдержанности его зоны мощ-

Рис. 3. Схема геологического строения Алмалыкского рудного поля

1 — лессы, делювиально-аллювиальные отложения; 2 — известняки-ракушняка; 3 — пески, песчаники с переслаиванием пестроцветных глин; 4 — андезитовые порфириты; 5 — переслаивание известняков и ленточных доломитов; 6 — черные искристые доломиты; 7 — известняки, песчаники, мергели; 8 — конгломераты и аркозовые песчаники; 9 — кварцевые порфириты; 10 — серые туфы; 11 — гранодиорит порфиры алмалыкского типа; 12 — сиенито-диориты и диориты; 13 — аплиты; 14 — диабазовые порфириты; 15 — гранодиорит-порфиры «черные»; 16 — кварцевые жилы; 17 — баритовые жилы; 18 — тектонические нарушения и зоны дробления; 19 — окисленные медные руды; 20 — границы распространения сульфидных медных руд

ностью 16—20 м, в которой почти постоянно присутствует тектоническая глина, цементировавшая раздробленные породы. В высшем боклу глина трения фиксируется в виде крупноплакового слоя мощностью 0,3—1,0 м. Можно предположить, что глина трения препятствовала проникновению рудоносных растворов в высший бок разлома. Эта особенность структуры месторождения способствовала образованию богатых руд в лежащем боку Калымакырского разлома.

На геологических планах и разрезах (рис. 4, 5, 6) видно, что тектонический блок, заключенный между Карабулакским и Калымакырским



разломами, рассечен многочисленными нарушениями различного направления. Причем преимущественное развитие здесь получили разрывы северо-восточного и субширотного простираний, подчиненных направлениям Карабулакского и Кальмакырского разломов. Кварцевые жилы и прожилки в основном выполняют близширотную систему трещин с крутым (70—80°) падением на север. Они создают внутри штокверка рудные зоны северо-восточной или широтной ориентировки.

### МОРФОЛОГИЯ РУДНОГО ШТОКВЕРКА

Рудный штокверк месторождения имеет нечеткие расплывчатые (условные) границы, установленные опробованием. Под «штокверком» подразумевается (по В. И. Галкину, В. И. Бирюкову, В. М. Крейтеру и др., 1962) относительно крупное, генетически и пространственно единое геологическое тело, обычно неправильной формы с нечеткими границами, в котором слагающие породы пронизаны густой сетью различно ориентированных рудных прожилков, сопровождаемых вкрапленностью рудных минералов.

Для познания морфологии рудного штокверка сульфидных руд А. Т. Рахубенковым отстроена схема его поверхности в изогипсах. С этой целью на меридиональных поперечных разрезах оконтурено рудное тело штокверка по результатам опробования при бортовом содержании меди 0,1%. Выбору этого бортового содержания предшествовала большая работа по оконтуриванию с различными значениями меди: 0,2; 0,3; 0,4 и 0,5%. Как показали все предыдущие варианты в целом морфология штокверка наиболее характерна именно при бортовом содержании меди 0,1%.

Штокверк локализован в клиновидной структуре между двумя разломами. Интересно отметить, что на востоке этой структуры, вблизи причленения Кальмакырского разлома к Карабулакскому, локализованы золоторудные проявления Гольдуран и Актурпак, т. е. в широтном направлении с запада на восток в клиновидной структуре размещены четыре месторождения: Дальнее (Cu, Au, Mo), Малый Кальмакыр (Cu, Mo, Au), Гольдуран (Au, Ag) и Актурпак (Au, Ag). Карабулакский разлом до изученных глубин в основном имеет крутое северное падение, в интервале золоторудного проявления Гольдуран — крутое южное. Границы штокверка в целом подчинены морфологии тектонических зон Карабулакского и Кальмакырского разломов. Исключение составляет западный фланг штокверка, здесь оруденение затухает постепенно без видимой связи с дизъюнктивами. Выклинивание оруденения объясняется большой удаленностью по вертикали штока гранодиорит-порфиоров.

**Обогащенные участки и условия их локализации: первичная зональность оруденения месторождения Дальнее.** Для выявления закономерностей локализации обогащенных участков меди и сопутствующих компонентов (золота, серебра, молибдена и серы) в плане и на разрезах использованы данные многолетних опробований скважин. На прилагаемых схемах содержания показаны в условных единицах, за исключением серы сульфатной, концентрации которой приводятся в абсолютных величинах (без кислорода). Геологические разрезы и накладки к ним сопоставлялись с изосодержаниями полезных компонентов.

Рис. 4. План горизонта В Алмалыкского рудного узла

1 — гранодиорит-порфиры алмалыкского типа; 2 — сиенито-диориты; 3 — диориты; разломы: 4 — III порядка; 5 — V и последующих порядков; сульфидные руды: 6 — богатые, 7 — бедные.

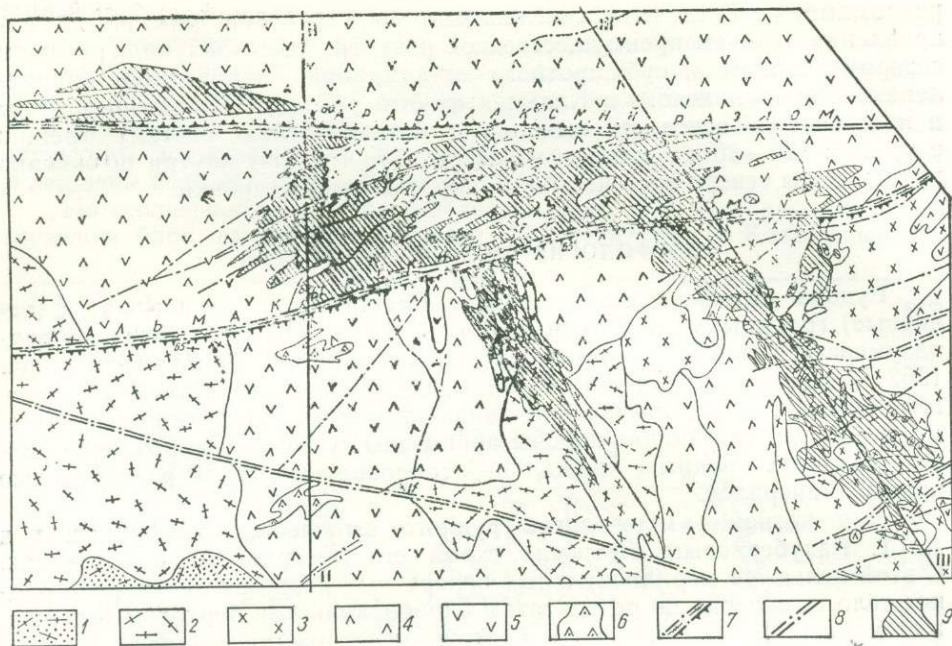


Рис. 5. Схематический геологический план горизонта А алмалыского рудного узла: порф и ры: 1—андезито-дацитовые  $D_1^3$ , 2—кварцевые  $D_1^2$ , 3—гранодиорит-порфиры алмалыского типа  $\gamma\delta\pi pC_2$ ; 4—диориты  $\delta C_2$ ; 5—сиенито-диориты  $\epsilon\delta C_2$ ; 6—штоки и дайки диоритовых порфиров; 7—крупные разломы; 8—мелкие разломы и зоны дробления; 9—первичная сульфидная минерализация

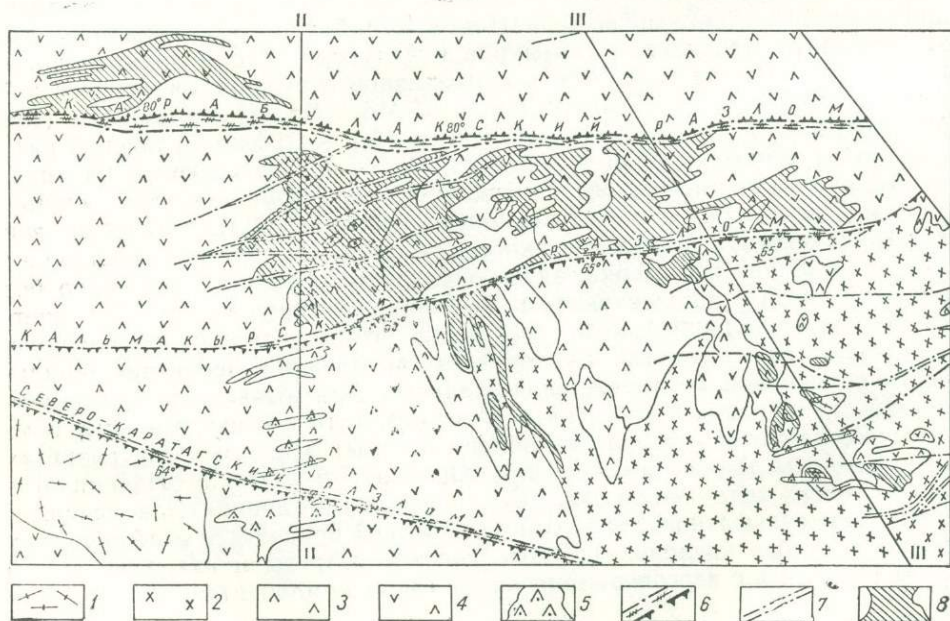


Рис. 6. Схематический геологический план горизонта Б Алмалыского рудного узла: 1—кварцевые порфиры  $D_1^2$ ; 2—гранодиорит-порфиры алмалыского типа  $\gamma\delta\pi pC_2$ ; 3—диориты  $\delta C_2$ ; 4—сиенито-диориты  $\epsilon\delta C_2$ ; 5—штоки и дайки диоритовых порфиров; 6—крупные разломы; 7—мелкие разломы и зоны дробления; 8—первичная сульфидная минерализация (Cu, Au, Ag, Mo)

Медь, золото и серебро (рис. 8—9). Выявлено очень близкое совпадение изолиний содержаний меди и золота. Это подтверждается также высоким значением парного коэффициента корреляции меди и золота (0,86), установленного ранее (Голованов, Рахубенков, 1971). В целом максимумы изосодержаний меди (0,6—1,0%) и золота (0,6—1,6 г/т) приурочены к местам повышенной трещиноватости в сиенито-диоритах, насыщенных апофизами гранодиорит-порфиров. Максимумы содержаний серебра также совпадают с медно-золотыми, хотя распре-

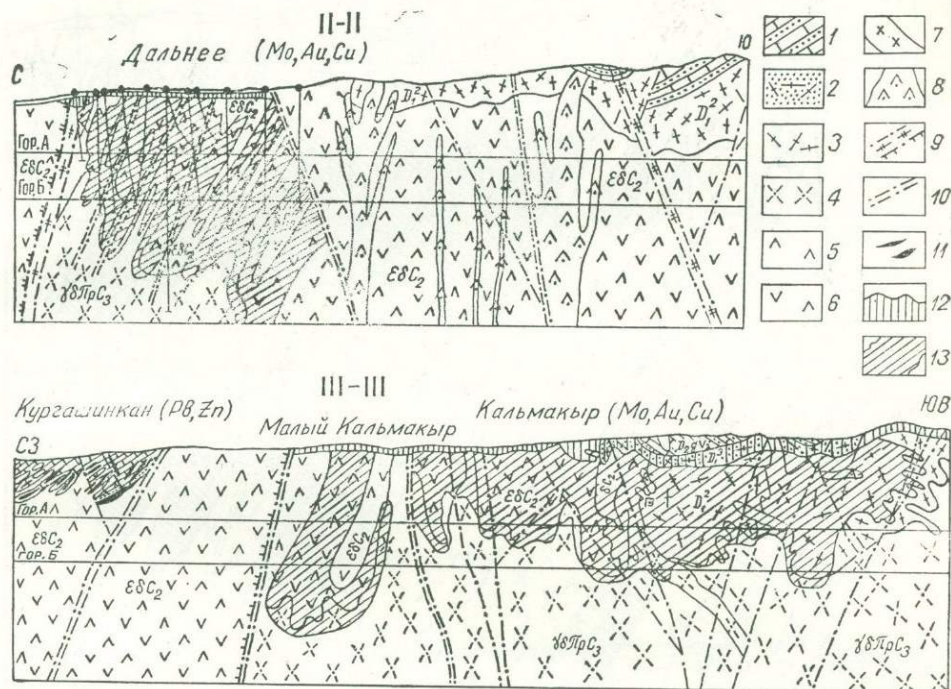


Рис. 7. Разрезы к геологическим планам Алмальского рудного узла:

1 — известняки, песчаники и конгломераты; порфиры. 2 — андезит-дацитовые. 3 — кварцевые. 4 — гранодиорит-порфиры алмальского типа; 5 — диориты; 6 — сиенито-диориты; 7 — дайки кислого состава; 8 — штоки и дайки диоритовых порфиров; 9 — III порядка; 10 — V и последующих порядков; 11 — сульфидная полиметаллическая минерализация; 12 — зона окисления; 13 — сульфидная медная минерализация.

деление их более сложное и они тяготеют несколько выше к поверхности.

Молибден (рис. 8, 10). Условия локализации молибдена резко отличаются от таковых для меди и золота. Установлена четкая литологическая приуроченность повышенных содержаний молибдена к диоритам и почти полное отсутствие его в сиенито-диоритах. Максимумы (0,006—0,01%) часто приурочиваются к крутопадающим разломам.

Сера сульфидная (рис. 8, 11). Распределение концентраций сульфидной серы в целом совпадает с ореолами меди, т. е. халькопиритовая минерализация совмещается с пиритовой. Однако максимумы содержаний сульфидной серы (в основном пирит) во многих случаях располагаются гипсометрически выше максимумов меди, т. е. халькопирита.

Сера сульфатная (рис. 8, 12). В распределении концентраций сульфатной серы (ангидрит) А. Т. Рахубенковым выявлена интере-

сная особенность: низкие (0,01—0,09%) содержания сульфатной серы резко сменяются относительно повышенными (1,0—2,9%), т. е. концентрация серы в узком интервале резко возрастает в 10—30 раз. В отдельных случаях концентрация серы увеличивается более плавно (0,08—0,22%). Верхняя граница распространения сульфатной серы залегает на глубине 200—350 м и в среднем составляет 250 м. Данные минералогии

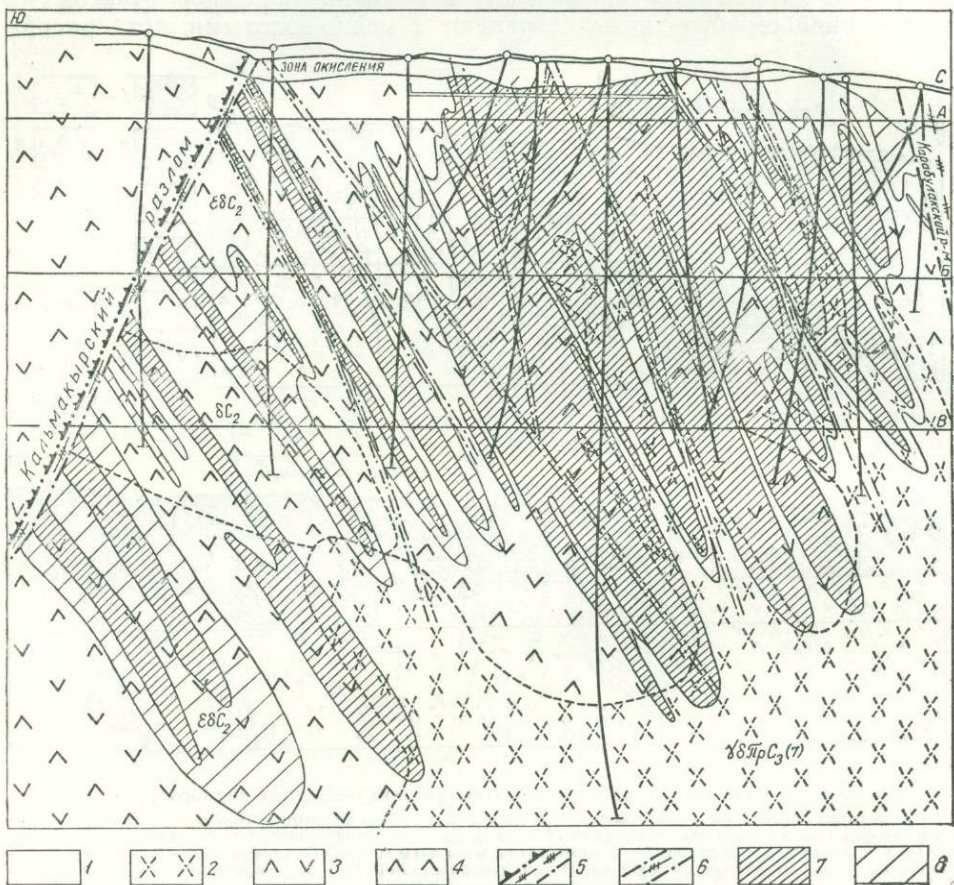


Рис. 8. Геологический разрез месторождения Дальнее по линии II—II:

1 — зона окисления; 2 — гранодиорит порфиры алмалякского типа; 3 — сиенито-диориты; 4 — диориты; 5 — разломы  $\nabla$  и последующих порядков; 6 — разлом III порядка; 7 — богатые, 8 — бедные сульфидные руды

ческого изучения показывают, что сульфатная зона представлена прожилковым ангидритом. Другие сульфатные минералы практически отсутствуют. Сульфидное медно-порфировое оруденение (халькопирит, молибденит, пирит) располагается как в пределах сульфатной зоны, так и выше, вплоть до зоны окисления.

Детальными исследованиями установлены явления вертикальной зональности. Как отмечено выше, распределение концентраций сульфидной серы в целом совпадает с ореолом меди, т. е. халькопиритовая минерализация совмещается с пиритовой. Однако максимумы содержания сульфидной серы (в основном связанной в виде пирита) во многих случаях располагаются гипсометрически выше максимумов меди (халькопирита). Выявленная особенность распределения, а также вертикаль-

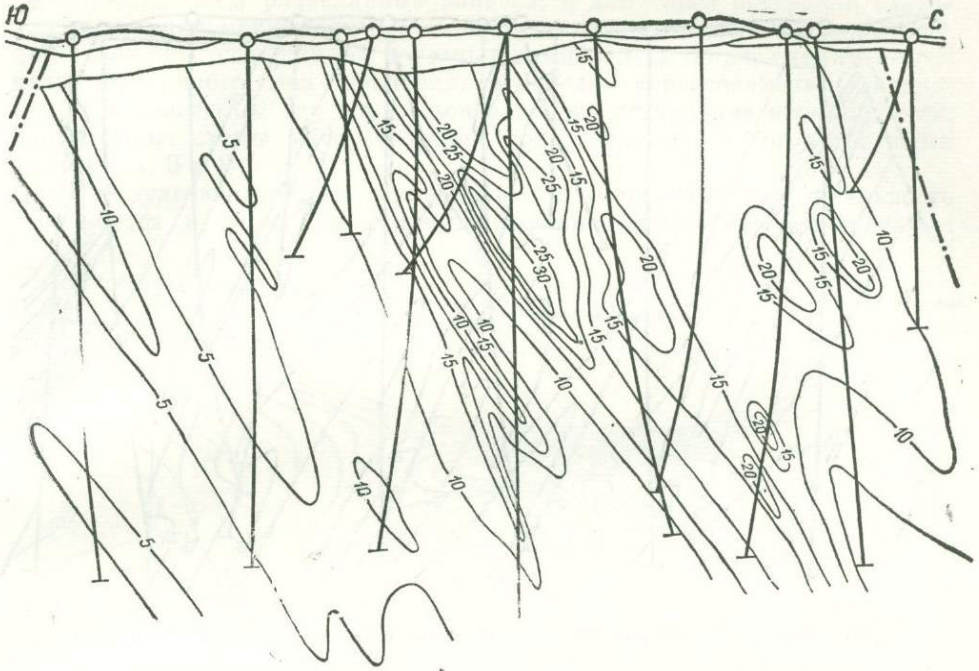


Рис. 9. Распределение серебра в рудах месторождения Дальне (к разрезу II, рис. 8).

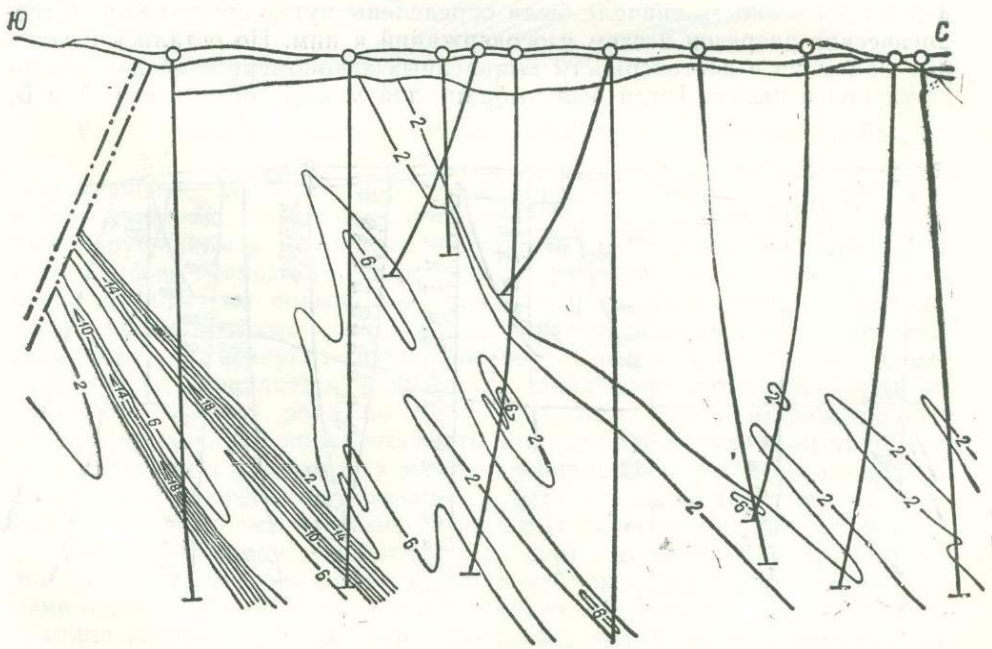


Рис. 10. Распределение молибдена (к разрезу II, рис. 8).



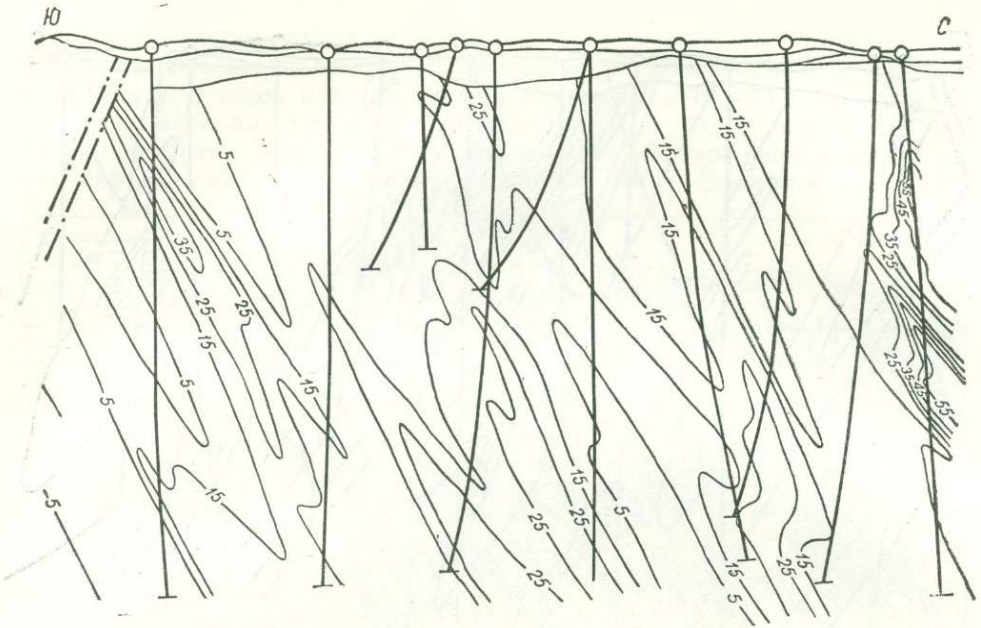


Рис. 11. Распределение серы сульфидной (к разрезу II, рис. 8).

ная зональность концентраций снизу вверх молибден — медь — золото (в полисульфидном парагенезисе) согласуется с установленной И. М. Головановым и А. В. Цоем (1971), А. Т. Туресебековым, Ю. Н. Самойленко и С. Т. Бадаловым (1971) зональность прожилковой рудной минерализации на основе визуальной регистрации.

Описанные выше закономерности в локализации оруденения и первичная зональность вначале были определены путем сопоставления геологических разрезов и схем изосодержаний к ним. Но остались некоторые сомнения в достоверности выявленных закономерностей для месторождения в целом. Тогда был выбран слой между горизонтами А и В,

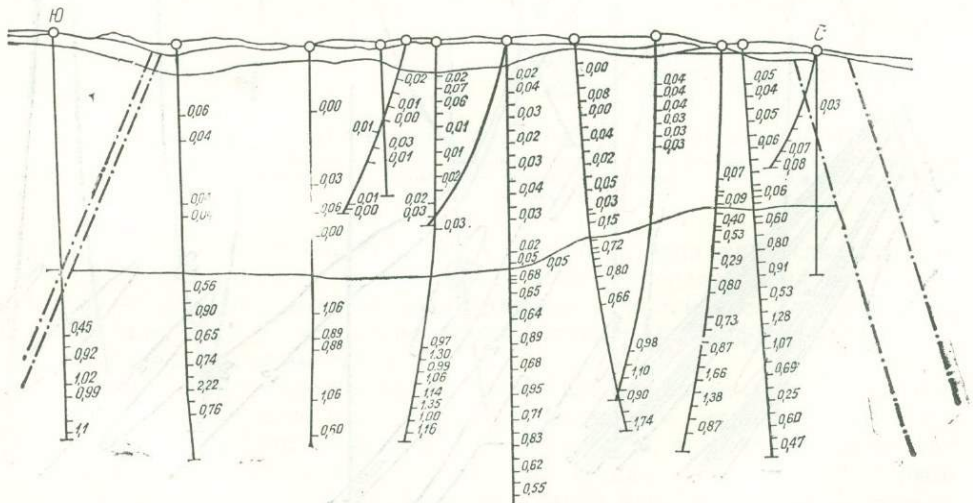


Рис. 12. Распределение сульфатной серы (к разрезу II, рис. 8).

включающий 90% разведанных запасов, и для него построили схемы изосодержаний меди, золота и молибдена. В него вошли все пробуренные скважины; содержания полезных компонентов по скважинам в пределах выбранного слоя определялись методом «прессования». Одновременно аналогичным способом производилось построение изомощностей. Построенные схемы изосодержаний сопоставлялись с погоризонтными планами А, Б и В.

В результате удалось установить, что горизонтальная зональность выражается в тяготении медно-порфировых прожилково-вкрапленных

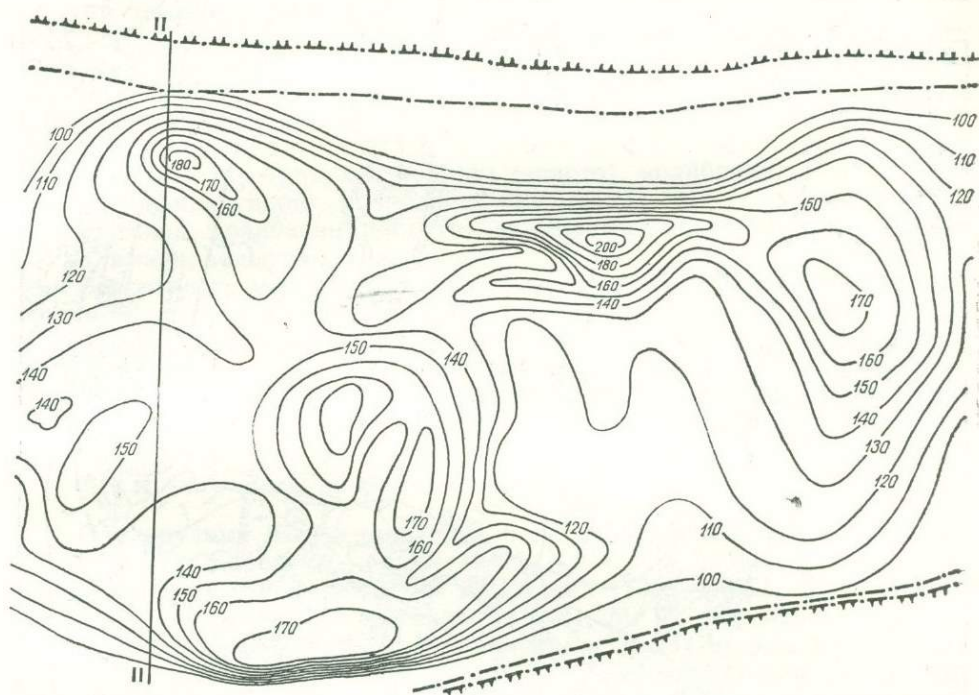
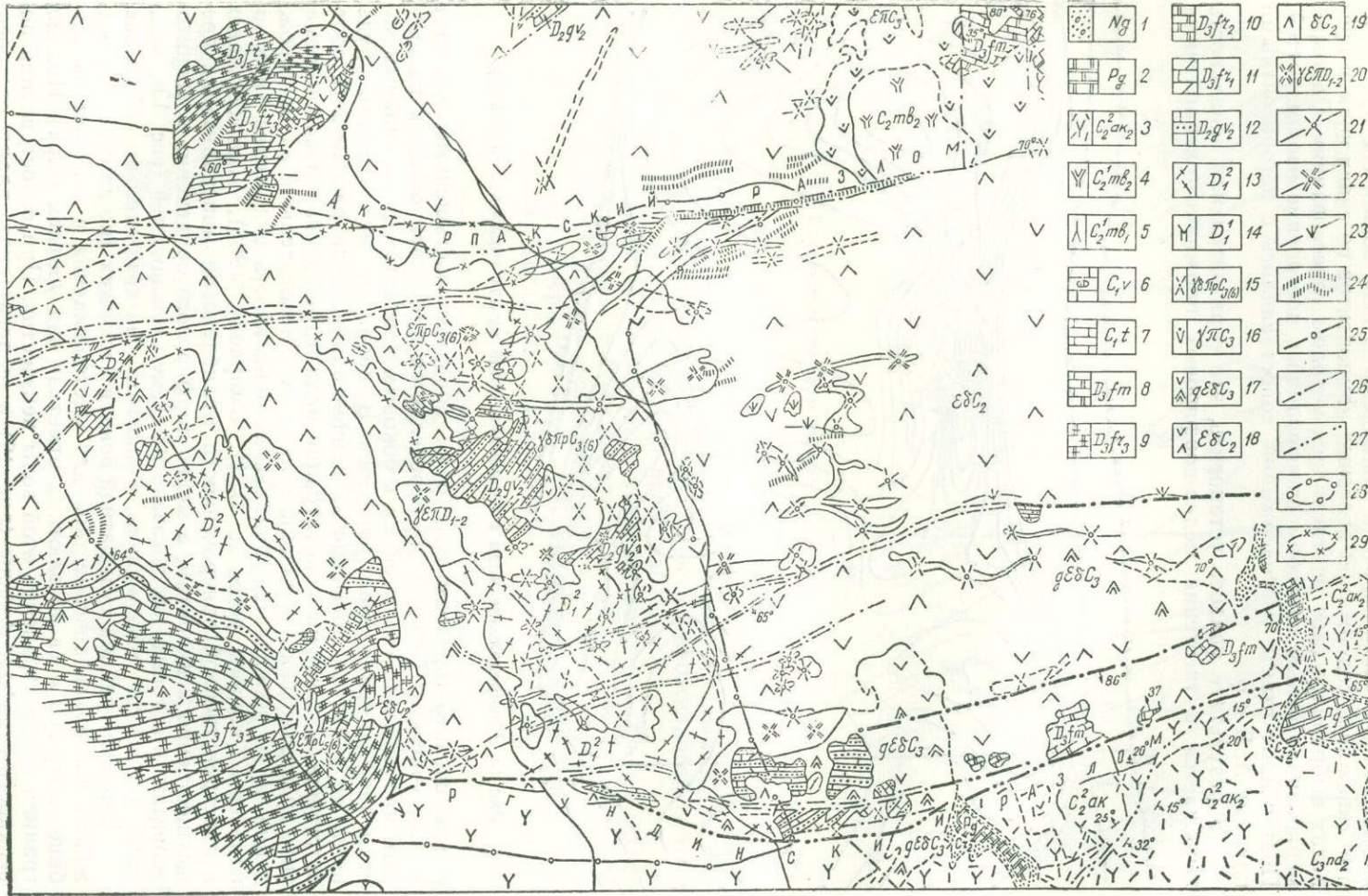


Рис. 13. Распределение меди в изолиниях (слой между горизонтами А и В).

руд к сиенито-диоритам. Эти руды образуют обогащенные площади в трех участках. Позиция их определяется приуроченностью к разрывным нарушениям и тяготением к боковым контактам и апикальным частям апофиз гранодиорит-порфиоров. В диоритах медно-золотые руды нигде не образуют повышенных концентраций. Если рассмотреть соответственно максимумы концентрации меди и молибдена, то можно отметить пространственную разобщенность их. Следовательно, на месторождении четко проявляется фациальная зональность отложения (или зональность второго рода, по В. И. Смирнову, 1968), выражающаяся в пространственной приуроченности молибденовой минерализации преимущественно к диоритам, а медно-порфирового оруденения к сиенито-диоритам, в которых, как показано на схеме изомощностей (рис. 13), мощности рудных тел максимальны, в диоритах они сравнительно небольшие.

Верхняя граница сульфатной зоны в изогипсах (по данным 51 скважины) оказалась повсеместной для месторождения и залегает на глубине около 260 м (в абсолютных отметках над уровнем моря). Нижняя граница распространения этой зоны неизвестна. При сопоставлении поверхности сульфатной зоны (рис. 12) и геологического плана, отстроен-



ного примерно параллельно поверхности сульфатной зоны, установлено отсутствие зависимости между глубиной залегания изучаемой зоны и литологией пород.

Вертикальная зональность проявления минерализации на всех медно-порфировых месторождениях Алмалыкского рудного поля в общем виде следующая (сверху вниз):

1. Барит, кальцит.
2. Карбонаты (кальцит, доломит, анкерит), цеолиты (ломонтит, гейландит, десмин), гематит.
3. Кварц, карбонаты (доломит, анкерит), пирит, полисульфидная ассоциация (халькопирит, блеклая руда, галенит, сфалерит), золото самородное, теллуриды золота, серебра и висмута.
4. Кварц, ангидрит, магнетит, пирит халькопирит, золото (связанное в сульфидах).
5. Кварц, ангидрит, халькопирит (золото), молибденит.
6. Кварц, ангидрит, молибденит (золото).
7. Кварц, молибденит (золото), вольфрамит, ангидрит.
8. Кварц, вольфрамит, ангидрит.

Зональность медно-порфировых месторождений различных металлогенических зон и возрастов в общем виде довольно сходна и обусловлена, по-видимому, близким причинами. Познание общих закономерностей размещения минералов в вертикальном разрезе оруденелой зоны обеспечивает возможность определения уровня эрозионного среза поверхности месторождения и прогнозирования оруденения на глубину.

#### Околорудные изменения вмещающих пород

Околорудные изменения пород на месторождения освещены в работах А. В. Королева (1938—1941), С. Т. Бадалова (1951—1965), Т. З. Закирова (1959—1960), Р. А. Мусина (1958—1972), В. Ф. Викторова (1965—1972), Т. Тулегенова (1964), М. И. Голованова (1966—1972). В 1967—1968 гг. Е. З. Мещаниновым, В. Н. Азиным при участии В. И. Воронцова, С. Г. Чунихина и В. Т. Гайкового проведена геологоструктурная съемка Кальмакырского карьера, вскрывающего месторождение. Съемка сопровождалась специальным картированием гидротермально измененных пород. В отличие от предыдущих исследователей, рассматривающих самостоятельно отдельные виды изменений (серицитизацию, окварцевание и т. д.), предпринята попытка, помимо документации изменений по интенсивности проявления, закартировать комплексы изменений (фации метасоматитов), выделенные по преобладающему развитию минералов-новообразований. При камеральной обработке материалов для статистических исследований использованы ЭВМ. Расчеты проводили по программам множественной корреляции признаков и вероятностей. Изменения пород изучали в пределах Алмалыкского рудного поля (рис. 14).

Рис. 14. Схема геологического строения Алмалыкского рудного поля:

1 — конгломераты и песчаники, 2 — известняки палеогена; 3 — верхняя подсвита акчинской свиты; 4 — верхняя подсвита минбулакской свиты; 5 — порфириты жерловой фации; известняки; 6 — визейского яруса; 7 — турнейского яруса; известняки и доломиты; 8 — фаменского яруса; 9 — франского яруса; 10 — массивные доломиты франского яруса; 11 — мергелистые известняки франского яруса; 12 — песчано-карбонатные отложения живетского яруса; 13 — кварцевые порфиры; 14 — андезитовые порфириты; 15 — гранодиорит-порфиры алмалыкского типа; 16 — сиенит-порфиры, липариты; сиенитодiorиты; 17 — кварцевые порфировидные, 18 — алмалыкского типа; 19 — диориты; 20 — андезито-дацитовые порфиры, гранодиорит-порфиры; 21 — взрывчатые брекчии и дайки гранодиорит-порфиры «черных»; 22 — дайки гранодиорит-порфиры «роговообманковых»; 23 — лампрофиры; 24 — кварцевые жилы и зоны окварцевания; разломы; 25 — региональные, 26 — местного значения; 27 — предполагаемые; контур развития сульфидного оруденения в содержаниями меди; 28 — выше 0,05%, 29 — выше 0,3%.

В результате съемки карьера закартированы (рисунки 15—17) три зоны изменений (от периферии к центральной части месторождения):  
 внешняя: альбит-эпидот-карбонат-хлоритовая;  
 промежуточная: кварц-серицит- (биотит)-хлоритовая и кварц-серицитовая;

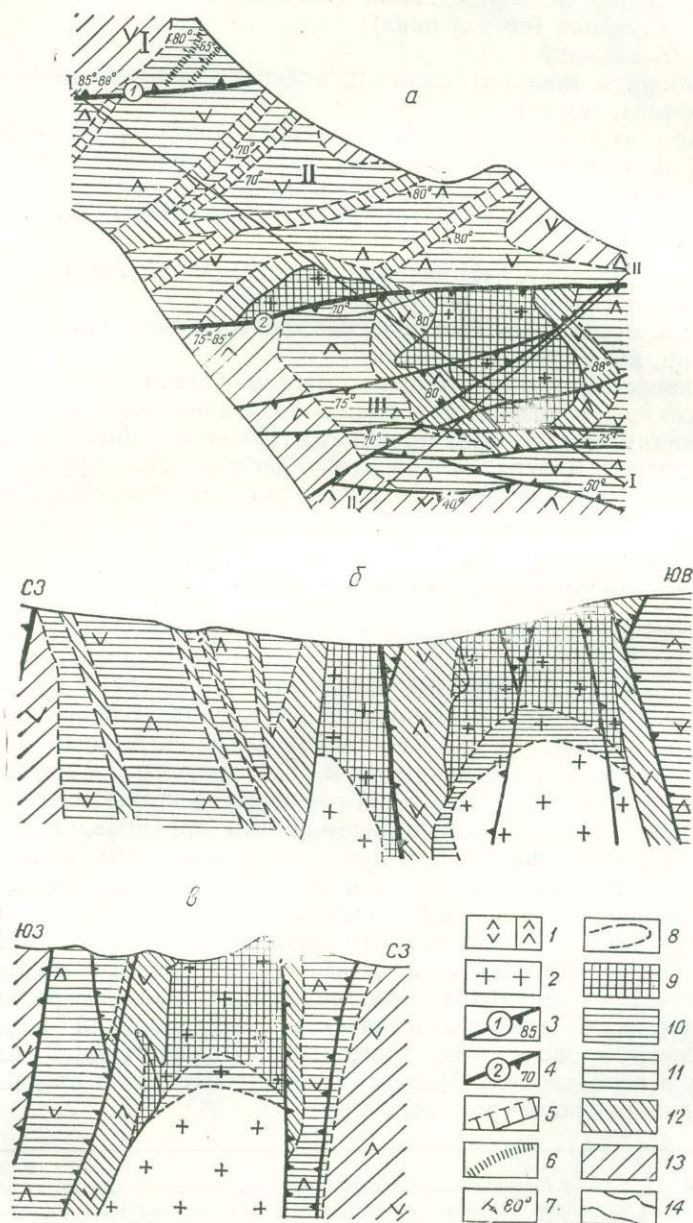


Рис. 15. Схема размещения (а) гидрогермально измененных пород месторождения Кальмакыр, б — разрез по I—I'; в — разрез по II—III'

1 — сиепто-диориты и диориты ( $C_2$ ); 2 — гранодиорит-порфиры ( $C_3-P$ ); 3 — крупные нарушения; 4 — местные разломы; 5 — зоны дробления; 6 — кварцевые жилы; 7 — элементы залегания; 8 — границы между зонами (фациями) измененных пород; метасоматическая зона (фация): 9 — кварцитов, 10 — кварц-ортоклазовая, 11 — кварц-серицитовая, 12 — кварц-серицит-биотит-хлоритовая, 13 — альбит-эпидот-карбонат-хлоритовая; 14 — контур закартированной площади; I, II, III — участки месторождения.

внутренняя: кварц-ортоклазовая и существенно кварцевая (кварцитовая).

Во внутренней и промежуточных зонах зачастую присутствуют реликты минералов внешних зон, во внешних отмечены участки, приуроченные, как правило, к тектоническим нарушениям, где преобладают минералы промежуточных и даже внутренних зон. Границы между зонами постепенные, между подзонами менее четкие, чем между зонами.

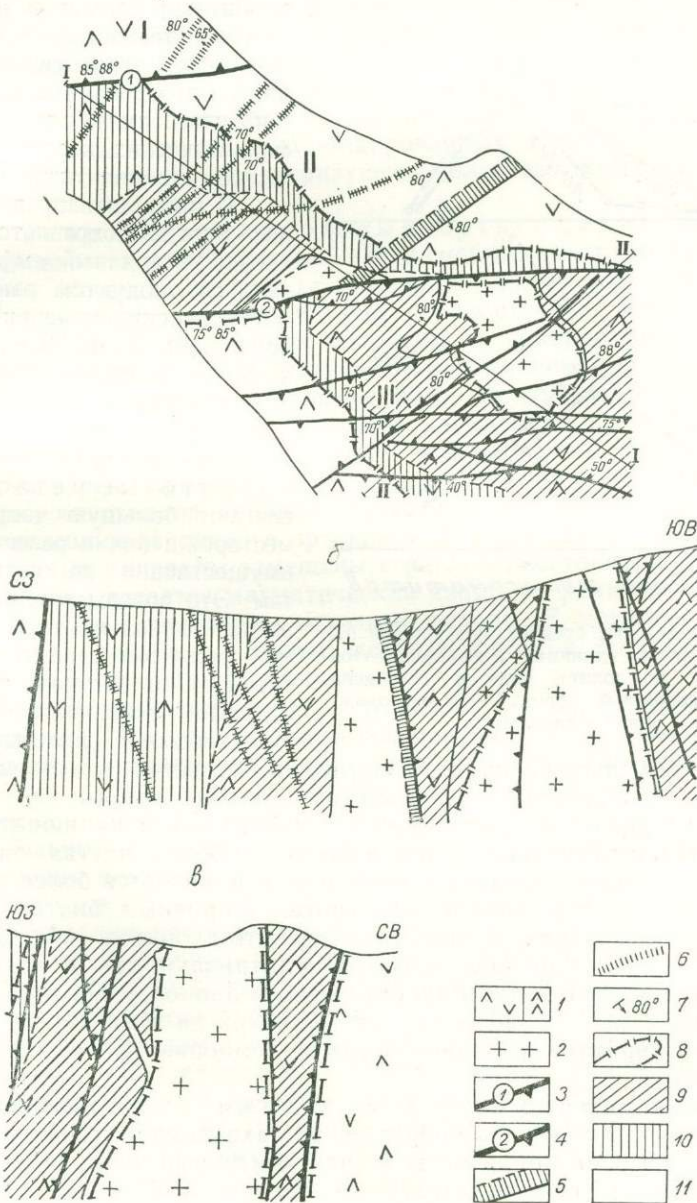


Рис. 16. Схема размещения (а) медного оруденения на месторождении Кальмакыр, б — разрез по I—I; в — разрез по II—II:

подписи к обозначениям 1—4, 6, 7 см. на рис. 15; 5 — золотоносные зоны; 8 — контур рудного штока-верка; медные руды: 9 — балансовые, 10 — забалансовые; 11 — «пустые» (по меди) породы.

Во всех зонах присутствует пирит. Акцессорные минералы (апатит, циркон) исходных пород сохраняются во всех метасоматических зонах.

Альбит-эпидот-карбонат-хлоритовые метасоматиты или пропилитизированные породы развиваются преимущественно по диоритам, частично захватывают и сиенито-диориты. Пропилитизированные породы распространяются далеко за пределы месторождения, охватывая всю площадь рудного поля, измеряемую десятками квадратных километров. Они имеют зеленовато-серую окраску, иногда с красноватым оттенком, четкую реликтовую зернистую структуру и состоят из

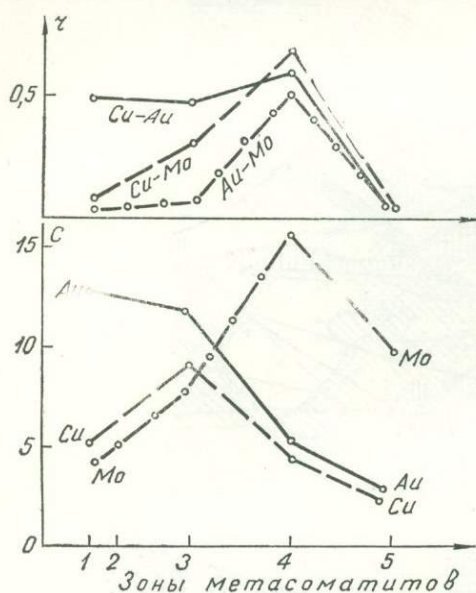


Рис. 17. Изменение средних содержаний (С) в относительных единицах и коэффициентов корреляции (r) золота, меди и молибдена в зонах измененных пород (1—5) месторождения Кальмарык.

вторичного мелкочешуйчатого биотита и хлорита, заместивших магматические темноцветные, реликтового магматического и вторичного кварца, развитого по темноцветным минералам и калишпату. Вторичный биотит интенсивнее развит в более глубоких частях описываемой зоны и отчетливо замещается хлоритом, т. е. является более ранним минералом. К. Н. Вендланд (1936) считал вторичный биотит продуктом автотематоморфических изменений сиенито-диоритов. А. В. Королев (1941) и И. М. Голованов (1969) рассматривают его в качестве продукта ранней стадии послемагматического процесса. Из второстепенных минералов этой зоны можно отметить лейкоксен и магнетит (обычно замещенный пиритом), развивающиеся по темноцветным минералам, чаще по биотиту.

Кварц-серицитовые метасоматиты развиваются преимущественно по сиенито-диоритам, но захватывают также и гранодиорит-порфиры. Они приурочены к участкам повышенной трещиноватости и расположены непосредственно в экзоконтакте штока гранодиорит-порфиров и в линейных зонах дробления, наиболее четко проявленных во II тектоническом блоке. К этим же зонам приурочены и золоторудные тела, представленные сложными жилами. Кварц-серицитовые мета-

альбитизированных и эпидотизированных плагиоклазов, хлоритизированных, эпидотизированных и карбонатизированных темноцветных (биотита, амфибола, пироксена), магматических кварца и калишпата, обычно пелитизированного

В пропилитизированных породах иногда сохраняется довольно свежий вторичный амфибол, являющийся продуктом ранних послемагматических изменений (Голованов, 1969) К. Н. Вендланд (1938) и А. В. Королев (1941) считали его продуктом автотематоморфизма пород сиенитовой группы.

Кварц-серицит-биотит-хлоритовые метасоматиты слагают большую часть площади месторождения и развиваются преимущественно по сиенито-диоритам. Это породы зеленовато-серого цвета с довольно хорошо различной реликтовой зернистой структурой. Они состоят из мелкочешуйчатого мусковита-серицита, заместившего полевые шпаты,

соматиты в зоне первичных руд имеют серовато-белый цвет, на поверхности — грязно-белый в свежем изломе и рыжеваго-бурый — по плоскостям трещин. Описываемые метасоматиты состоят из преобладающего серицита (60—80%), реликтового магматического и вторичного кварца (5—30%) и рудных минералов — пирита, халькопирита (3—10%). Довольно часто встречаются реликты хлорита, отчетливо замещаемого мусковитом-серицитом, содержание которого не превышает 3—5%.

Мусковит, развивающийся по хлориту (заместившему ранее магматические темноцветные или вторичный биотит), довольно хорошо отличается от серицита-мусковита по полевым шпатам более крупными размерами чешуек (выделений) и наличию в нем «рудной пыли» (лейкоксона или рутила). В кварц-серицитовых метасоматитах по гранодиорит-порфирам, в отличие от метасоматитов по сиенито-диоритам, встречены реликты округлых, корродированных зерен магматического кварца; кроме того, они характеризуются более высоким содержанием кварца.

Зона кварц-ортоклазовых метасоматитов, приуроченная в основном к приконтактной части сиенито-диоритов и гранодиорит-порфиров, намечена предположительно по данным документации нескольких разведочных скважин и точно не оконтурена. Эти метасоматиты, развивающиеся по сиенито-диоритам и гранодиорит-порфирам, имеют розовую окраску и характеризуются наличием вторичного ортоклаза, содержание которого достигает 50%, но обычно не превышает 10—25%. Вторичный ортоклаз замещает магматический калишпат, образуя по нему агрегат мелких, внешне очень свежих, не затронутых пелитизацией зерен. Кроме того, вторичный ортоклаз образует каемки по периферии кристаллов серицитизированного плагиоклаза. В породе отмечены прожилки вторичного ортоклаза. В описываемых метасоматитах темноцветные минералы замещены агрегатом, состоящим из хлорита и кварца; свежим остается магматический кварц, по реликтам зерен которого могут быть установлены исходные породы. В метасоматитах по сиенито-диоритам зерна угловатые, ксеноморфные, а по гранодиорит-порфирам — округлые корродированные.

Наряду с ранним дорудным ортоклазом А. В. Королев (1940) и С. Т. Бадалов (1965) отметили на месторождении прожилки послерудного ортоклаза. Площадь распространения кварц-ортоклазовых метасоматитов точно не установлена. Характерно, что они развиты на глубоких горизонтах месторождения в его центральной части под зоной кварцитов; на больших глубинах они, по-видимому, сменяются кварц-серицит-хлоритовыми метасоматитами.

Существенно кварцевые метасоматиты (кварциты) слагают центральную часть месторождения. Они приурочены к апикальной части штока гранодиорит-порфиров, за счет которых в основном и развиваются. Более 90% площади развития кварцитов приходится на кварциты по гранодиорит-порфирам. Кварциты имеют светло-серый цвет и состоят в основном (75—90%) из мелкозернистого роговикового кварца с частой вкрапленностью гематита, пирита и многочисленными прожилками последнего. В качестве реликтового минерала в кварцитах обычно встречается серицит. Исходные породы устанавливаются с большим трудом по сохранившемуся местами незамещенному серициту. На этих небольших участках еще прослеживается реликтовая порфировая или зернистая структура.

Кварц отлагался на месторождении в течение всего рудного процесса и в послерудный период, при этом на долю раннего, преимущественно метасоматического кварца описанной зоны приходится не менее



90—95% общей его массы. Вторичные кварциты района имеют много общего с подобными образованиями Казахстана (Наковник, 1964).

Кроме широко распространенных и выше кратко охарактеризованных метасоматитов, на Кальмакыре встречены еще и другие их типы, ограниченно распространенные, но играющие большую роль в познании его генезиса. В частности — это магнезиальные скарны на контакте сиенито-диоритов и останцов доломитов и известковые скарны пироксен-гранатового состава на контакте с известняками.

Некоторые исследователи (Жариков, 1958—1965; Шабынин, 1966; Голованов, 1969) рассматривают магнезиальные скарны в качестве продуктов метасоматизма магматической стадии. Известковые скарны могут возникать в раннюю щелочную стадию послемагматического процесса (Коржинский, 1955—1964).

Для района заслуживают упоминания и такие типы изменения как турмалинизация, пиритизация, ангидритизация и алунитизация.

Вторичный турмалин эпизодически присутствует во всех зонах метасоматитов описываемых месторождений, содержание его в шлифах не превышает 1—2%. Представлен он обычно мелкими радиально-лучистыми агрегатами типа «турмалиновых солнц», встречающихся в кварц-серицитовых и кварц-серицит-хлоритовых метасоматитах. По представлению А. В. Королева (1941, 1970), турмалинизация в Кальмакыре является одним из ранних процессов изменения и предшествует серицитизации. Однако имеются данные и о более позднем турмалине, замещающем серицит, реже кварц и вторичный ортоклаз.

Пирит, как указывалось выше, присутствует во всех зонах метасоматитов в виде частой вкрапленности и прожилков. Содержания его увеличиваются от внешних зон к внутренним, в этом же направлении возрастает количество прожилкового пирита. Вкрапленный пирит избирательно развивается по различным минералам: в первую очередь замещается магнетит, затем темноцветные минералы — биотит и хлорит, в последнюю очередь — серицит, кварц, ортоклаз.

Ангидрит довольно широко распространен на площади месторождения на глубоких (более 200—300 м) горизонтах. Вблизи от поверхности он замещен гипсом. Минерал установлен С. Т. Бадаловым (1952), выделившим несколько наиболее характерных минеральных парагенезисов с ангидритом. При микроскопическом изучении установлено, что он развивается в виде скоплений и псевдоморфоз по серицитизированным плагноклазам, хлориту, карбонатам, однако преобладающей формой выделения является прожилково-жильная.

За пределами месторождения Кальмакыр В. Ф. Викторовым (1965) выявлены вторичные кварциты с алунитом, пирофиллитом и диаспором, связанные с телами эруптивных брекчий так называемых «черных» гранодиорит-порфиров. На этом основании он высказал предположение об участии вулканической деятельности в формировании месторождения.

Для получения представления о химизме процессов, приведших к формированию охарактеризованных выше метасоматитов, выполнены химические анализы, в основном неполные (табл. 17). Одновременно исследованы и изменения физических свойств. Состав исходных и измененных пород испытывает значительные колебания, но пределы изменений физических свойств не очень существенны.

При формировании метасоматитов отмечается уменьшение объемного веса и увеличение пористости, достигающие экстремальных значений в кварц-серицит- (биотит)-хлоритовых метасоматитах. Минималь-

Химический состав и физические свойства исходных и измененных пород Кальмакыра %

Компонент	Диориты (пропилитизированные)*	Сиенит-диориты пропилитизированные	Кварц-серицит-(биотит)-хлоритовые метасоматиты по сиенито-диоритам	Кварц-серицитовые метасоматиты по сиенито-диоритам	Интенсивно окварцованные сиенит-диориты (кварциты по сиенито-диоритам)	Сиенит (слабо пропилитизированный)	Кварц-серицит-(биотит)-хлоритовые метасоматиты по сиенитам	Интенсивно окварцованные сиениты (кварциты по сиенитам)	Гранодиорит порфирь (измененные)	Кварц-серицит-хлоритовый метасоматит по гранодиорит порфирям	Интенсивно окварцованные Гранодиорит-порфиры**
SiO <sub>2</sub>	48,10	55,75	55,75	52,74	72,74	65,89	55,08	85,99	61,28	67,64	79,54—87,60
TiO <sub>2</sub>	0,79	0,41	0,41	0,72	0,30	0,19		0,18	0,37		0,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,25	16,42	14,73	19,02	6,18	16,61	13,75	1,14	16,85	12,94	4,78—1,62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,03	4,44	10,91	10,73	12,50	4,84	15,00	8,23	3,08	9,06	9,99—7,04
FeO	5,42	3,46	5,07		0,47	3,42		0,40	2,40		
MnO	0,03		0,09		0,01	0,14		0,00	0,07		
MgO	6,11	4,86	4,77	4,57	0,50	2,73	4,10	0,36	1,79	0,55	0,30—0,18
CaO	5,27	3,62	1,49	0,71	1,60	5,10	0,12	0,90	4,40	0,00	0,26—0,33
K <sub>2</sub> O	2,51	4,15	2,40	5,20	1,90	2,35	3,54	0,62	2,16	3,67	1,66
Na <sub>2</sub> O	2,5	1,45	3,31	0,52	1,74	5,02	0,58	1,71	4,72	0,97	0,21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08		0,07		0,08	0,05		0,21	0,04		
SO <sub>3</sub>	2,75		1,08		0,47	1,00	0,09	0,31	0,06	0,09	0,1
H <sub>2</sub> O	0,27		1,12			0,38		0,25	0,82		
S	0,31	1,32	1,78	1,42	0,35	0,17	2,02	0,15	0,01	4,13	2,76
CO <sub>2</sub>			0,73			0,05		0,00	0,39		
Cu	0,05			0,63	0,69		0,57	0,24		0,85	0,37—0,13
Σ	98,40	95,29	103,66	96,29	99,52	97,97	99,94	100,69	98,44	99,90	100,03 96,9
Физические свойства											
Уд. вес.	2,78	2,79	2,78	2,85	2,84		2,75	2,81	2,62	2,76	2,75
Объемный вес	2,77	2,78	2,61	2,71	2,73		2,57	2,64	2,45	2,52	2,60
Пористость	0,30	0,29	6,10	4,92	3,87		6,51	6,0	6,5	8,7	1,8
п	1	1	10	3	6		7	11	1	1	1

Примечание: п — число изученных образцов.

Все данные о составе, за исключением двух образцов, а также физические свойства приведены по А. В. Королеву (1940); \* — по Т. З. Закирову (1958); \*\* — по Е. З. Мещанинову (1969)

ные изменения объемного веса и пористости отмечены при образовании кварцитов.

В связи с тем, что состав первичных и измененных пород непостоянен, не всегда можно однозначно судить о привносе — выносе тех или иных компонентов в процессе метасоматоза. Однако поведение некоторых из них прослеживается довольно четко.

При образовании кварц-серицит-(биотит)-хлоритовых метасоматитов по диоритам отчетливо наблюдается привнос калия и вынос натрия, железа, магния. Привнос кальция, очевидно, обусловлен присутствием в проанализированных породах прожилкового кальцита.

В процессе метасоматоза сиенито-диоритов, сиенитов и гранодиорит-порфиров отмечаются такие перемещения элементов: а) при образовании кварц-серицит-(биотит)-хлоритовых метасоматитов наиболее

отчетливо проявлен привнос серы и связанного с ней, железа, которые фиксировались в основном в пирите, а также закисного железа — в хлорите и биотите; по-видимому привносились кремнезем, калий (в сериците), магний (в хлорите, биотите), выносились кальций и натрий; б) при формировании кварц-серицитовых метасоматитов отчетливо наблюдается привнос калия, алюминия, серы, железа (фиксируются в пирите); вынос натрия и кальция; в) при возникновении кварцитов — привнос кремнезема, серы и сульфидного железа и вынос всех остальных петрогенных элементов.

*Связь окolorудных изменений пород с оруденением.* Описанные выше зоны метасоматитов характеризуются различной интенсивностью проявления оруденения. Это получило отражение в зональном размещении рудных элементов (рис. 15—17 и табл. 18). По каждой зоне при вычислении на ЭВМ Минск-22 среднего содержания и коэффициентов парной корреляции взято более 100 проб.

Таблица 18

Средние содержания и парные коэффициенты корреляции между рудными элементами в зонах изменений

Зона метасоматитов	Среднее содержание			Коэффициент корреляции		
	Cu	Mo	Au	Cu—Au	Cu—Mo	Au—Mo
Внутренняя	3,0	4,0	12,5	0,50	0,09	0,05
Промежуточная I	10,0	7,5	11,0	0,48	0,30	0,09
Промежуточная II	4,5	15,5	5,0	0,58	0,69	0,52
Внешняя	2,5	10,0	3,0	0,04	0,08	0,08

Примечание. Содержания — в условных единицах, по Е. З. Мещанинову и В. Н. Азину, 1969.

Максимальные концентрации золота характерны для внутренней и первой промежуточной зоны. Содержание меди достигает максимума в первой промежуточной зоне, молибдена — во второй. Во внешней зоне уменьшаются концентрации всех элементов: коэффициенты парной корреляции меди и золота во всех зонах не очень высокие (0,5—0,6), что свидетельствует о присутствии значительных количеств свободного золота, не связанного с медью. Связи между золотом и молибденом, медью и молибденом практически отсутствуют во всех зонах, за исключением второй промежуточной, где они тоже не существенные.

Для выяснения связей между интенсивностью оруденения и новообразованиями отдельных минералов метасоматитов был составлен массив 80 колоночных перфокарт (около 2000 штук). Для каждой пробы выписывали содержания меди, молибдена и золота (по данным химического и пробирного анализов) и все виды окolorудных изменений с учетом интенсивности их проявления (по трехбалльной шкале по данным описания шлифов), удельная трещиноватость и удельное растяжение (оценено по пятибалльной шкале, по данным специальной документации керна), первичные вмещающие породы и номер зоны метасоматитов. На сортировочных машинах весь массив перфокарт рассортировали на четыре части по выделенным зонам метасоматитов.

Для каждой из полученных частей на машине Минск-22 рассчитаны коэффициенты парной и множественной корреляции (табл. 19), а также коэффициенты регрессии. Кроме того, по вероятностной программе (Груза, 1968) рассчитаны коэффициенты взаимной сопряженности Чудрова (табл. 20).

Парные и множественные коэффициенты корреляции между рудными элементами и минералами-новообразованиями зон околорудных изменений (по В. Н. Азину и Е. З. Мещанинову)

Зона изменений	Внутренняя (а-б)			Промежуточная (б)			Промежуточная (а)			Внешняя		
	Аu	Сu	Мо	Аu	Сu	Мо	Ап	Сu	Мо	Аu	Сu	Мо
Парные коэффициенты корреляции												
Окварцевание	0,41	0,27	0,15	—	—	—	0,29	0,21	—	0,20	—	—
Серцитизация	0,48	0,32	»	0,24	0,22	—	0,24	—	0,20	—	—	—
Хлоритизация			»	0,2							—	—
Ортоклазизация	0,44	0,30	»	—	—	—	—	—	0,21	—	—	—
Пиритизация	0,47	0,36	»	0,2	0,20	0,22	0,32	0,32	0,26	0,31	—	—
Биотитизация	—	—	—	—	—	—	0,25	0,30	—	—	—	—
УТ	0,50	0,32	0,15	0,34	0,22	0,21	0,29	—	0,25	—	—	—
УР	0,41	0,24	»	0,40	0,32	0,26	0,30	0,23	0,27	—	0,23	—
Множественные коэффициенты корреляции												
	0,54	0,42	0,2	0,24	0,39	0,42	0,52	0,55	0,95	0,20	0,32	0,41

Примечание. УТ — удельная трещиноватость, УР — удельное растяжение.

Коэффициент Чупрова отражает связь между качественными признаками. Теоретически значения этого коэффициента могут меняться от 0 до 1, однако на практике они редко достигают значений 0,7—0,8 и уже при 0,10—0,20 связь между признаками заметная. Кроме того, коэффициент Чупрова связан с парным коэффициентом корреляции формулой

Таблица 20

Коэффициенты взаимной сопряженности Чупрова между рудными элементами и геологическими признаками (по В. Н. Азину)

Факториальный признак	Результативный признак		
	золото	медь	молибден
Гидрогермальные изменения пород			
Окварцевание	0,11(0,33)	0,09(0,29)	0,10(0,31)
Серцитизация	0,15(0,40)	0,13(0,37)	0,09(0,29)
Хлоритизация	0,11(0,33)	0,09(0,29)	0,12(0,35)
Ортоклазизация	0,10(0,31)	0,09(0,29)	0,09(0,29)
Пиритизация	0,15(0,40)	0,08(0,26)	0,10(0,31)
Биотитизация	0,08(0,26)	0,07(0,29)	0,08(0,26)
Удельн. трещиноват.	0,14(0,49)	0,17(0,54)	0,13(0,46)
Удельное растяжен.	0,14(0,49)	0,17(0,54)	0,13(0,46)

Примечание. В скобках — парные коэффициенты корреляции.

$\varphi = \frac{r^2}{1-r^2}$ , которая дает возможность перевести этот показатель в цифры, не зависящие от количества группировок признаков

В результате анализа приведенных данных можно сделать такое заключение.

Между интенсивностями оруденения и околорудных изменений существуют слабые, в отдельных зонах и обратные корреляционные связи, имеющие значения парных коэффициентов от 0,2 до 0,45, редко 0,50.

Множественные коэффициенты корреляции редко достигают 0,55. Однако при сравнении коэффициентов регрессии установлено, что в этих случаях преобладающее влияние имеет трещиноватость, т. е. жильная минерализация.

Следовательно, интенсивность оруденения определяется не столько интенсивностью отдельных видов изменений, сколько их оптимальным сочетанием, т. е. комплексами изменений (фациями метасоматитов) и характером распределения жильной и наложенной минерализаций.

Установленная зональность в размещении околорудно измененных пород и характер распределения в них рудной минерализации имеют большое практическое значение, так как могут быть использованы для поисков скрытого, в том числе и перекрытого, оруденения. Поиски скрытого оруденения для Алмалыкского района, как и для других районов, являются первоочередной задачей.

По данным Р. А. Мусина (1959, 1970), метасоматиты, сопровождающие медно-молибденовое с золотом оруденение, близки к пропилитам. Тыловая зона — зона наибольшего кислотного выщелачивания, тяготеющего к штокообразным телам пермских гранодиорит-порфиров — сложена преимущественно кварцем с серицитом. Затем следует зона, где наряду с кварцем и серицитом появляются хлорит, реже калишпат. В следующей зоне преобладает калишпат, в комплексе вторичных минералов появляется биотит. Во внешней зоне преобладает серицит с резким уменьшением количества кварца.

Общая схема зональности, установленная при усреднении значений многочисленных данных по кернам глубоких скважин, часто нарушается в связи с тем, что центрами интенсивной циркуляции растворов служили не один или несколько штоков, расположенных на разных гипсометрических уровнях, но и многочисленные трещины и разломы. Последние также выполнены преимущественно кварцем с наложенными сульфидными минералами. Особенно характерны многочисленные тончайшие трещины, выполненные вкрапленным пиритом, создающим впечатление равномерно рассеянной вкрапленности.

Идеальная схема зональности метасоматической колонки замаскирована наложением поздних низкотемпературных стадий, сопровождающихся выделением карбонатов, гематита, поздних генераций калишпатов, кварца, серицита, пирита.

Вторичные калишпаты — ранние и поздние — представлены не ортоклазом, как принято считать, а нерешетчатым микроклином. Во вторичных биотитах установлено аномально высокое содержание натрия.

В связи со сложными геолого-структурными условиями вторичных изменений (разные гипсометрические уровни, морфология штоков гранодиорит-порфиров, смена составов вмещающих пород сиенит-диоритового комплекса, сеть разломов и трещин, многоэтапность минерализации) создалась сложная конфигурация отдельных зон метасоматической колонки как в плане, так и по вертикали.

При сопоставлении данных по морфологии метасоматических зон и промышленных контуров рудных залежей установлено, что последние

в основном контролируются промежуточными зонами метасоматической колонки, тогда как тыловая и внешняя зоны содержат убогое оруденение, за исключением некоторых участков, где проявлены низкотемпературные метасоматиты, сопровождающие самостоятельные золоторудные объекты. Сосредоточение медно-молибденовых, свинцово-цинковых и золотых месторождений в одном рудном поле связано с общностью типов и этапов метасоматических изменений пород. Эта общность обусловлена не только временем и местом формирования рудовмещающих сред, но и общностью истории геологического развития тектонического блока рудного поля, большое значение также имеют предшествовавшие длительные экзогенные процессы преобразования пород. Эти процессы при изучении эндогенных преобразований, как правило, не учитываются.

Площадь месторождения приурочена к пересечению предполагаемой зоны глубинного разлома (по Н. Б. Вольфсону и И. Б. Федоровой, 1964) северо-западного простирания с широтным Карабулакским и Кальмакырским разломами и с разрывными нарушениями северо-восточного простирания. В результате рудное поле Кальмакыра оказалось разбитым на несколько блоков различного размера и формы. Важнейшую роль в распределении оруденения сыграла структура контакта штоков, их апофиз и дайкообразных тел гранодиорит-порфиоров с сиенито-диоритами и кварцевыми порфирами, а также Кальмакырский и Карабулакский разломы.

Изучением трещиноватости рудовмещающих пород занимались А. В. Королев (1941), Т. З. Закиров (1958), Е. Р. Бутьева и С. А. Денисов (1951—1969), В. Ю. Деды (1965). Усредненные данные по обработке замеров около 7000 трещин показывают, что можно выделить четыре направления трещиноватости: широтное, меридиональное, северо-восточное и северо-западное. Преобладающее развитие имеют широтные трещины (40% от общего количества) и меридиональные (25%). Степень их приоткрывания весьма различна: от сотых долей миллиметра до 5 см и более, в среднем 0,5—2,0 см. Преобладают прямолинейные трещины (77%), меньше (15%) ломанных и извилистых, причем количество последних увеличивается по мере приближения к штоку гранодиорит-порфиоров.

По данным А. В. Королева (1940), С. А. Денисова (1961) и Е. Р. Бутьевой (1959), в результате тектонического воздействия на породы, слагающие месторождение, образовалась полость интенсивного дробления, облекающая в виде конуса шток гранодиорит-порфиоров. В нижней части она отходит от штока в сиенито-диориты. Главные направления зон максимального дробления пород наклонены к горизонту под крутыми (45—80°) углами в обе стороны от штока. По материалам Т. З. Закирова (1958, 1960), удельная трещиноватость пород имеет такие значения: кварцевые порфиры — 80, диориты и габбро — 70, сиенито-диориты — 59, гранодиорит-порфиры — 32. При картировании карьера в 1965 г. А. А. Кулаковым установлено, что наиболее интенсивная трещиноватость пород проявляется в участках пересечения контактов штоков гранодиорит-порфиоров разломами и зонами дробления субширотного и северо-восточного простираний. К этим же участкам тяготеет наиболее богатое первичное и вторичное медное оруденение.

Руды Кальмакыра подразделяются на три технологических типа: окисленные, смешанные (включающие также руды зоны вторичного сульфидного обогащения) и первичные сульфидные. Среди окисленных выделяются руды, плохо обогащаемые прямой флотацией, так называемые «упорные» руды.

Материалы разведки Кальмакыра (Е. Р. Бутьева и др.) показывают, что максимальная мощность зоны окисления равна 180 м (в среднем 60—65 м). Средняя мощность окисленных руд — 20 м, смешанных и халькозиновых — по 19 м. Доля окисленных балансовых руд по отношению ко всем запасам составляет 2,2%, смешанных 4,4% и вторичных сульфидных — 1,9%. Содержание меди в окисленных рудах колеблется от 0,3 до 3,0%. В зоне вторичного сульфидного обогащения — от 0,3 до 4,0%. В плане зона штокверковых медно-порфиновых руд имеет форму правильного кольца вокруг Кальмакырского штока, переходящего в полосу юго-восточного направления с удалением от него.

Центральная часть месторождения обогащена в основном сульфидами меди и железа. Количество молибдена несколько возрастает с глубиной и во фланговых частях рудной площадки при одновременном снижении концентрации сульфидов меди и железа. Содержание молибдена также меняется с юго-востока на северо-запад, где отмечена наибольшая его концентрация. Распределение золота, по А. В. Королеву, Е. Р. Бутьевой, С. Т. Бадалову, И. М. Голованову, Е. З. Мещанинову, контролируется халькопиритовой минерализацией.

### Некоторые особенности медно-порфиновых месторождений левобережья р. Алмалык

Поисковые и поисково-разведочные работы, проводившиеся в прежние годы к западу от р. Алмалык (левобережье), не давали существенных результатов из-за очень слабой обнаженности площади.

Вся площадь левобережья разделена Карабулакским и Кальмакырским широтными разломами на три тектонических блока (рис. 3). Вдоль Карабулакского разлома с запада на восток размещается группа месторождений и рудопроявлений: Карабулакское, Дальнее, Кургашикан, Кальмакыр, Сартабуткан, Восточная жила (золото, серебро), Актурпак (золото, серебро, свинец, цинк) и другие рудопроявления свинца, цинка и меди. Таким образом, Карабулакский разлом имеет прямое отношение к оруденению и, видимо, контролировал размещение оруденения совместно с сопряженными структурами (Рахубенков, 1972).

В альпийское время движения по разлому возобновились, вдоль него произошли крупные смещения блоков. Впервые в 1949 г. это отметила Н. А. Яковлева, считавшая, что северо-восточным продолжением Актурпакского месторождения являются месторождения Сартабуткан и Безымянное.

Позднее (1964 г.) Н. Б. Вольфсон, Ю. Н. Мордвинцев и А. Г. Хваловский на основе геофизических исследований установили, что амплитуда смещения по разлому составляет 2 км. Ими же высказано предположение, что, возможно, смещенной частью Кальмакырского месторождения (Малый Кальмакыр) является Карабулакское месторождение. С такой же достоверностью можно считать, что северная часть месторождения Дальнее также срезана Карабулакским разломом и смещена на запад на 2—2,5 км и в настоящее время еще не обнаружена.

Кальмакырский разлом прослежен на 6 км, падение на юг под углом 65—70°. В региональном плане он вырисовывается как крупная составляющая ветвь Карабулакского разлома. Выражен зоной дробления мощностью 10—20 м, в центральной части ее часто содержатся глинки трения и брекчи.

В целом породы рассматриваемой части левобережья рассечены многочисленными мелкими нарушениями различного направления, но

преимущественно северо-восточного и субширотного (рис. 3), подчиненных направлениям Карабулакского и Кальмакырского разломов.

Наиболее крупный и изученный представитель штокверкового типа месторождений левобережья р. Алмалык — месторождение Дальнее, в котором подавляющая часть (68%) разведанных балансовых руд размещается в сиенито-диоритах и диоритах ( $\approx 95\%$ ) и только 5% — в гранодиорит-порфирах.

Штокверк месторождения Северо-Западный Балыкты вытянут в северо-западном направлении параллельно рудонесной структуре месторождения Кальмакыр и на севере примыкает к штокверку месторождения Дальнее (рис. 3). Основную часть балансовых руд здесь вмещают гранодиорит-порфиры (61%), сиенито-диориты (30%) и диориты (9%). Внутри штокверка рудные зоны и кварцевые жилы вытянуты преимущественно в широтном направлении параллельно Кальмакырскому разлому, но в общей конфигурации штокверк удлинён с юго-востока на северо-запад. Его особенность заключается в большой насыщенности золотосодержащими жилами, среди которых выделяются жилы с высоким содержанием золота.

Штокверк Карабулакского месторождения вытянут в северо-западном направлении и находится висячем боку Карабулакского разлома. Ширина штокверка равна половине его длины (рис. 3). Балансовые руды здесь размещаются в сиенито-диоритах, шток гранодиорит-порфиров находится на глубине 1,2—1,5 км и более. Небольшие его апофизы мощностью до 40 м обнаружены скважинами только в единичных пересечениях. Внутри штокверка, также как и в двух предыдущих, рудные зоны вытянуты в субширотном направлении и имеют падение на север под углом 70—80°.

Главный полезный компонент руд рассматриваемых месторождений левобережья — медь, сопутствующие — золото, серебро, молибден и некоторые элементы-примеси (селен, теллур, рений, висмут). Установлены также другие элементы-примеси (индий, таллий, галлий, платина, палладий, родий и другие).

Интенсивность прожилково-вкрапленного оруденения месторождений левобережья р. Алмалык заметно ниже, чем на Кальмакыре. Уменьшение степени интенсивности оруденения ориентировочно можно выразить коэффициентами на содержание основных компонентов: по меди он равен 0,8—0,9, по молибдену — 0,5.

По значению месторождение Дальнее немногим уступает Кальмакыру, в связи с чем оно может рассматриваться как вторая после Кальмакыра сырьевая база по меди Алмалыкского комбината. Попутно с медью будут извлекаться и другие примеси. Фактически все прожилково-вкрапленные руды в сиенито-диоритах Алмалыка (Кальмакыр, Дальнее, Северо-Западный Балыкты и Карабулак) представляют единое оруденение.

После детального изучения вещественного состава руд и их технологического обогащения выявлено, что руды месторождения Дальнего практически ничем не отличаются по своей технологической переработке от руд Кальмакыра. Одновременно с Дальним в эксплуатацию могут быть вовлечены месторождения Карабулакское и Северо-Западный Балыкты, практически являющиеся его флангами. На основании результатов выполненных исследований можно сделать такие выводы.

По сравнению с Кальмакыром, на месторождениях левобережья р. Алмалык более четко различается преимущественно линейно вкрапленное, часто прожилковое распределение рудных зон, подчиненное на-



правлениям Карабулакского и Кальмакырского разломов и обуславливающие полосчатый характер размещения минерализации.

Интенсивность оруденения на месторождениях зависит от интенсивности трещиноватости пород, в значительной степени обусловленной влиянием многочисленных апофиз штока гранодиорит-порфиров и характером их образования в блоке, ограниченном сближенными широтными Кальмакырским и Карабулакским разломами.

Прожилково-вкрапленные месторождения обладают значительными запасами металлов, высокими технологическими свойствами и благоприятными экономическими условиями. По своей значимости они несколько уступают месторождению Кальмакыр, но могут стать надежным резервом для расширения базы цветной металлургии в рассматриваемом районе.

## 5. САУКБУЛАКСКОЕ РУДНОЕ ПОЛЕ

### Геологическое строение

Саукбулакское рудное поле находится в бассейне р. Саукбулак и размещается в клине между Мисканским и Колбулакским разломами. В его геологическом строении (рис. 18) участвуют вулканогенные и осадочные породы среднего палеозоя, интрузивные и дайковые образования среднего и верхнего палеозоя и ярко выражена складчатая и дизъюнктивная тектоника. Характерно также широкое развитие гидротермально измененных пород и рудной минерализации. Геологию и состав руд изучали А. В. Королев, С. Т. Бадалов, Е. Р. Бутьева, Г. М. Заморин, Г. С. Чуршуков, В. Ф. Викторов, И. М. Голованов, Т. Тулегенов и др.

### Геологическое строение

*Вулканогенная толща нижнего девона* подразделяется на три горизонта: андезитовые порфириты  $D_1^1$ , кварцевые порфиры  $D_1^2$  и андезито-дацитовые порфиры  $D_1^3$ .

*Андезитовые порфириты  $D_1^1$*  впервые выделены А. В. Королевым в 1938 г. на месторождения Сарычеку. Они обнажаются в виде пласта в нижних частях склонов по р. Саукбулак и его притокам, а также в виде небольших блок-ксенолитов по Мисканскому и Саргаламскому разломам.

*Кварцевые порфиры  $D_1^2$* . Эти породы являются основными рудовмещающими для медно-порфирового оруденения на месторождении Сарычеку. Впервые они выделены А. В. Королевым в 1938 г. и описаны как межформационная интрузия, внедряющаяся по контакту эффузивных андезитовых порфиритов и вышележащих карбонатных образований среднего и верхнего девона. В настоящее время с достаточной достоверностью установлен их эффузивный характер.

*Андезито-дацитовые порфиры* развиты на значительной части месторождения и размещены между кварцевыми порфирами  $D_1^2$  и карбонатными отложениями  $D_{2-3}$  в виде пласта мощностью от первых метров до 200—250 м. Это зеленовато-серые до темно-серых порфировые породы с редкими фенокристаллами (1—2,5 см) розового полевого шпата, многочисленными таблитчатыми и призматическими зеленовато-белыми вкрапленниками плагиоклаза (0,2—0,8 см), редкими крупными вкрапленниками раздробленного кварца.

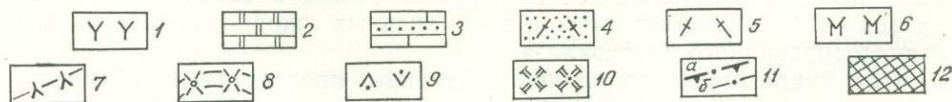
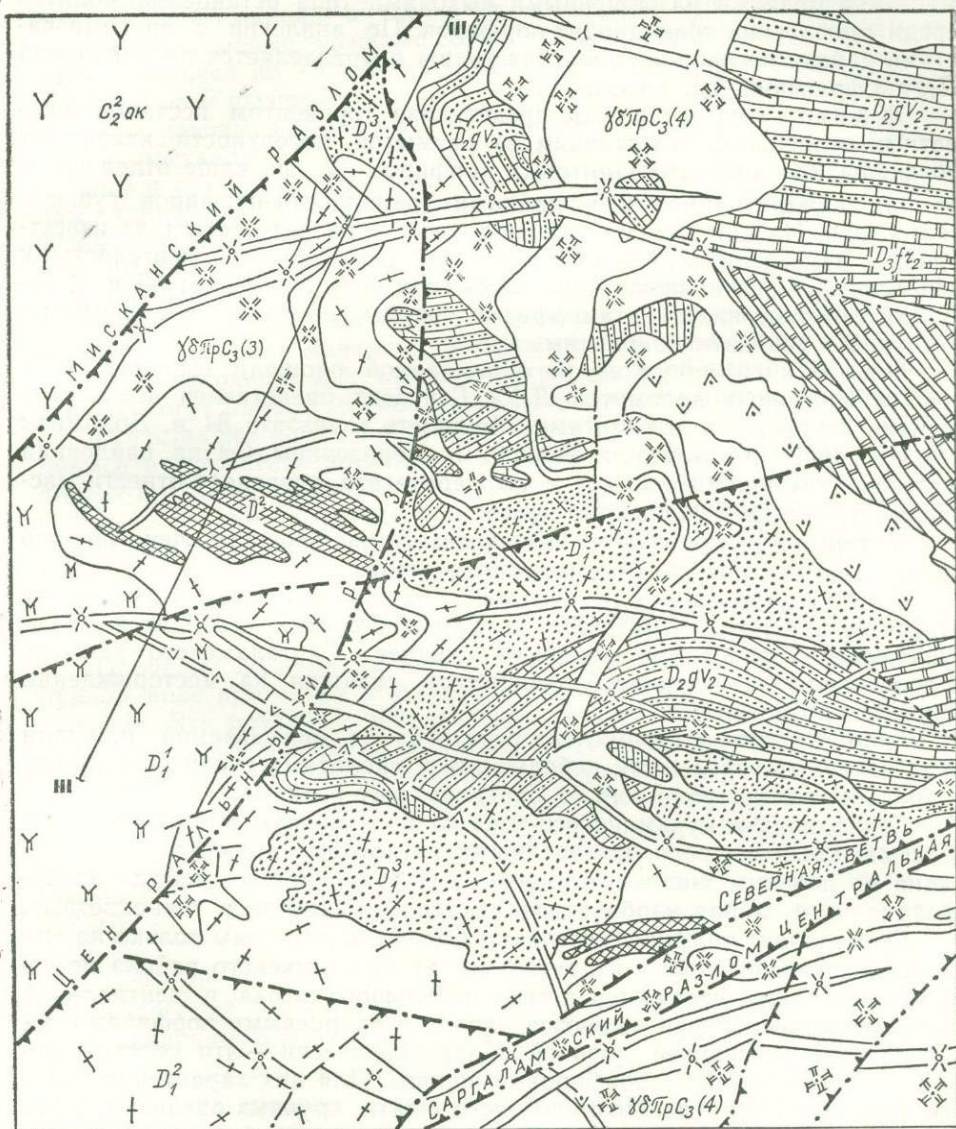


Рис. 18. Схематическая геологическая карта Саукбулакского рудного поля (составлена по материалам Алмалыкской ГРЭ):

1 — верхняя подсвита акчинской свиты; 2 — известняки и доломиты франского яруса; 3 — песчано-карбонатные отложения живетского яруса; 4 — андезито-дацитовые порфиры; 5 — кварцевые порфиры; 6 — андезитовые порфириты; 7 — экструзивные дайки дацитовых порфиров; 8 — дайки гранодиорит-порфиров «роговообманковых»; 9 — кварцевые порфировидные сениодиориты; 10 — гранодиорит-порфиры гушсайского типа и «розовые» Сарычеку; 11 — региональные, 12 — местного значения.

Песчано-карбонатная толща среднего и верхнего девона на описываемой площади представлена крупным массивом горы Чокмастан и мелкими разобщенными выходами типа останцев-ксенолитов среди гушсайских гранодиорит-порфиров. По аналогии с другими частями района песчано-карбонатная толща подразделяется на живетский  $D_2gv$  и франский  $D_2fg$  ярусы.

Живетский ярус  $D_2$  представлен горизонтом песчано-карбонатных отложений, залегающим на размытой поверхности кварцевых порфиров или андезито-дацитовых порфиров  $D_1^3$ , но чаще отделенным от них межформационными дайками гранодиорит-порфиров гушсайского типа. На описываемой площади этот горизонт состоит из известняков и доломитистых известняков, переслаивающихся с мергелистыми разностями и песчаниками. Мощность горизонта составляет 50 м. В результате интенсивного метаморфизма породы горизонта сильно мраморизованы и серпентинизированы.

Франский ярус  $D_3$  на описываемой площади выражен горизонтом массивных доломитов  $D_3fg_2$ . Горизонт представлен черными и бурыми искристыми доломитами. Мощность горизонта 84 м. Доломиты как и в первом горизонте интенсивно мраморизованы. Фауна, найденная в отложениях этого горизонта в хр. Каратагата, позволяет отнести массивные доломиты к франскому ярусу.

*Интрузивные проявления.* На описываемой площади очень широко распространены интрузивные и дайковые тела.

Аляскиты  $\gamma S-D$ . К каледонскому магматическому комплексу относятся аляскиты, отмеченные в виде небольших ксенолитов среди гушсайских гранодиорит-порфиров южнее Саргаламского разлома и подсекаемые на глубине большинством скважин на месторождении Сарычеку и Саргаламе.

*Гранодиориты кураминского типа*  $\gamma \delta C_2$  на описываемой площади представлены несколькими небольшими ксенолитами среди гушсайских гранодиорит-порфиров к югу от Саргаламского разлома.

Гранодиориты кураминского типа слабо изменены вторичными процессами, наиболее распространенными из которых являются серицитизация по полевым шпатам, хлоритизация темноцветных, иногда эпидотизация их и слабая карбонатизация полевых шпатов и темноцветных.

*Гранодиорит-порфиры «розовые» Сарычеку* отмечены только на месторождении Сарычеку и в других местах Алмалыкского района не установлены. Они обнажаются в виде небольшого штока в центральной части месторождения и являются наряду с кварцевыми порфирами основной рудовмещающей породой. Макроскопически — это серовато-розовые и светло-розовые порфировые породы. Для них характерно наличие двух типов вкрапленников полевого шпата: крупных овальных, реже таблитчатых двойниковых фенокристаллов розового калишпата и мелких (0,2—0,4 см) таблитчатых и неправильных вкрапленников белого серицитизированного плагиоклаза.

Под микроскопом гранодиорит-порфиры представляют собой порфировую породу с микрогранитовой основной массой, состоящую из плагиоклаза, калишпата, биотита и роговой обманки.

*Гранодиорит-порфиры гушсайского типа.* Наибольшее развитие среди интрузивных образований на изученной площади имеет интрузия гранодиорит-порфиров гушсайского типа  $\gamma \delta \pi r C_3$ . На месторождении Сарычеку эти гранодиорит-порфиры представлены крупными межформационными дайкообразными телами, внедрявшимися по контакту кварцевых порфиров  $D_1^2$  и карбонатных отложений  $D_2-D_3$ .

За пределами месторождения гранодиорит-порфиры гушайского типа развиты на большой площади в южной и юго-восточной частях Алмалыкского района, а также за его пределами. По внешнему облику — это розовые, розовато-серые и серые порфировые породы, подразделяющиеся по составу на несколько фациальных разновидностей.

Наиболее распространенный тип — светлые, серовато-розовые порфировые породы, представленные белыми таблитчатыми и призматическими кристаллами плагиоклаза (0,2—0,8 см), многочисленными таблитчатыми и призматическими кристаллами темноцветных и редкими зернами кварца (0,2—0,6 см). Изредка встречаются крупные (1,5—2 см) фенокристаллы розового полевого шпата.

*Дайковые образования.* В Саукбулакском рудном поле выделен комплекс разновозрастных дайковых образований преимущественно широтного, реже северо-восточного и северо-западного простираний. По возрасту все дайки являются молодыми, прорывающими имеющиеся в районе осадочные, эффузивные и интрузивные образования, и, следовательно, могут быть отнесены к концу герцинского цикла тектогенеза.

В настоящее время в Саукбулакском рудном поле дайки подразделяются в возрастной последовательности на несколько типов: сиенитодиорит-порфиры, граносиенит-порфиры, гранодиорит-порфиры, лампрофиры, диоритовые порфиры. Они образуют систему широтно вытянутых тел, приуроченных к крупным тектоническим нарушениям: Мисканскому, Саргаламскому и Колбулакскому разломам.

#### ПРОЦЕССЫ ИЗМЕНЕНИЙ ПОРОД

Процессы послемагматического изменения пород в Саукбулакском рудном поле протекали в несколько иной обстановке, нежели в Алмалыкском. Эти различия обусловлены литологическим составом пород, слагающих месторождение, и особым сочетанием структурных факторов.

Сарычекинское месторождение расположено в узком клине между Мисканским и Саргаламским разломами. В ходе развития оно претерпело крупные послойные и вертикальные перемещения, интенсивный метаморфизм и гидротермальную проработку пород. В результате пространственное распределение различных типов измененных пород и их участие в рудном процессе существенно отличаются от описанных для Алмалыкского рудного поля (Викторов, 1964).

Рудовмещающие кварцевые порфиры  $D_2^1$ , подстилающие их андезитовые порфириты  $D_1^1$  и перекрывающие андезито-дацитовые порфиры  $D_2^2$  в предрудную фазу претерпели глубокий метаморфизм. Андезитовые порфириты  $D_1^1$  вследствие метаморфоза превращены в зеленокаменную толщу. В них широко проявились вторичный биотит, хлорит, эпидот, альбит, пирит, в отдельных участках актинолит, а также гранат и корунд.

Перечисленные типы изменений ограничиваются только пределами толщи андезитовых порфиритов и в вышележащие кварцевые порфиры не переходят. Характерно, что при значительной пиритизации этих пород медно-молибденовое оруденение в них убогое и приурочено к контактам с кварцевыми порфирами, гранодиорит-порфирами «розовыми» Сарычеку или зонам тектонических нарушений, оперяющих Мисканский разлом.

Следовательно, такие типы изменения пород, как биотитизация и хлоритизация, которые в Алмалыкском рудном поле и на месторождении Кальмакыр весьма благоприятны для рудоотложения, здесь такой роли не играют.

Характерно, что основная масса кварцевых порфиров при больших увеличениях под микроскопом представляет собою тончайшую спутанно-волокнустую массу рутила, лейкоксена и ильменита, по-видимому, как следствие гидротермальной переработки биотита. В кварцевых порфирах отмечаются также корунд и гранат.

Перекрывающие горизонт кварцевых порфиров  $D_1^2$  андезито-дацитовые порфиры  $D_1^3$  также претерпели глубокий метаморфизм и последующую гидротермальную проработку. Как и в кварцевых порфирах, в них широко развиты рутил, лейкоксен, розовый гранат и корунд, хотя сама порода превращена в бесструктурную кварц-серицитовую массу.

При гидротермальном процессе наиболее характерными типами изменений пород являются окварцевание, серицитизация и в меньшей степени ангидритизация. Пространственное размещение этих изменений отражает влияние штока гранодиорит-порфиров Мисканского разлома и тесно связано с контуром промышленного медно-молибденового оруденения.

Окварцевание, серицитизация и ангидритизация во вмещающих породах развиваются в экзоконтактах гранодиорит-порфиров; захватываются краевые части и самого штока. Причем интенсивность изменения возрастает с приближением к контакту штока. В всячем крыле Мисканского разлома преобладают процессы серицитизации и ангидритизации.

В разных частях месторождения интенсивность изменения пород различна. В северо-восточной части его, в лежащем боку тела гранодиорит-порфиров, окварцевание выражено слабее и приурочено к эндоконтакту штока. В юго-западной части месторождения, над пологим контактом штока гранодиорит-порфиров, оно проявлено значительно сильнее, причем в участках повышения интенсивности окварцевания увеличивается и интенсивность оруденения. Сопоставление изменений пород и оруденения показало, что на участке интенсивного окварцевания имеются наиболее богатые рудные тела с содержанием меди свыше 1%. Окварцевание, по сравнению с серицитизацией, является процессом локальным и развивается в пределах более широкого контура развития серицитизации. Причем, если окварцевание охватывает вмещающие породы в самом экзоконтакте штока гранодиорит-порфиров, то серицитизация распространяется на значительное расстояние от контакта штока и на большую глубину. Таким образом, зональность, установленная в Алмалыкском рудном поле, прослеживается и в описываемом районе — над штоком гранодиорит-порфиров и в его экзоконтакте развито окварцевание, с удалением от штока — серицитизация, переходящая далее в слабоизмененные безрудные породы.

#### ТЕКТНИКА

Тектоническое строение Саукбулакского и Алмалыкского рудных полей имеет много общих черт. Это сходство обусловлено наличием складчатых структур северо-западного простирания и Алмалыкского глубинного разлома, а также сопряжением его с разломами субширотного и северо-восточного простираний (Мисканский, Саргаламский, Колбулакский). Складчатые структуры восстанавливаются по реликтам среднепалеозойской вулканогенно-осадочной толщи.

В бортах сая Саукбулак и в водораздельных частях обнажаются крупные массивы карбонатных отложений девона и карбона (горы Коктепе-Мискан, Каратюбе). Известняковые массивы сохранились в центральных частях брахиформных синклиналиных складок, осложняющих крылья более крупной антиклинальной структуры северо-западного про-

стирания, ось которой совпадает с долиной р. Саукбулак. Падение северо-восточного и юго-западного крыльев этой антиклинальной структуры очень крутое, что видно по залеганию известняков г. Чокмастан. Крылья складки также осложнены крупными разломами северо-западного простирания. По разлому восточнее месторождения Сарычеку внедряется крупная дайкообразная интрузия кварцевых мелкозернистых сиенито-диоритов С<sub>3</sub>. По разлому, восточнее г. Мискан, проходит мощная оползневая зона и вдоль нее сорваны крупные блоки известняков девона. Центральная часть антиклинальной складки разорвана глубинным Алмалыкским разломом и ее западное крыло поднято относительно восточного на 150—200 м.

Месторождение Сарычеку расположено на восточном крыле описываемой антиклинальной структуры и приурочено к брахиформной антиклинальной складке, в ядро которой внедрился шток гарнодиорит-порфира «розовых» Сарычеку.

Разрывные нарушения в Саукбулакском рудном поле можно разбить на системы субширотного, северо-восточного и северо-западного простираний. Первые две имеют преобладающее значение, северо-западная — подчиненная. Тектонически нарушения субширотного и северо-восточного простираний имеют большую протяженность и хорошо выражены на местности — это Мисканский и Саргаламский разломы, в тектоническом блоке между которыми размещается месторождение Сарычеку, а также Колбулакский разлом.

Мисканский разлом может быть отнесен к крупным региональным структурам III порядка. Он проходит через весь Алмалыкский район, прослеживаясь на расстояние более 40 км. Простирание разлома северо-восточное (50°), падение крутое (55—75°) на юго-восток, мощность от 10—25 до 100 м. Амплитуда вертикального перемещения по разлому достигает 500—700 м. В пределах рудного поля лежащее северо-западное крыло разлома сложено молодыми верхнепалеозойскими образованиями; всяческое, юго-восточное — древними среднепалеозойскими образованиями и прорывающими их молодыми штокообразными телами гранодиорит-порфира.

Заложение и последующее развитие Мисканского разлома повлияло на весь дальнейший ход геологического развития Саукбулакского рудного поля. Существование разлома обусловило исключительную подвижность всяческого крыла и создало благоприятные условия для интенсивного дробления пород и рудоотложения. В общем случае трещиноватость пород на месторождении связана с положением его в блоке между Мисканским и Саргаламским разломами.

В настоящее время Мисканский разлом большинством геологов описывается как взброс-сдвиг с амплитудой вертикального перемещения в 700 м и горизонтального перемещения 2—2,5 км. Однако в период его развития по нему происходили перемещения разных направлений. Движения по Мисканскому разлому вызывали многочисленные и сложные напряжения, разрядка которых осуществлялась как за счет дробления пород, так и за счет послойных межформационных и внутрiformационных перемещений. Эти перемещения позже способствовали внедрению пологих межформационных даек гранодиорит-порфира гушсайского типа и обусловили четкую приуроченность рудной зоны только к горизонту кварцевых порфира.

Вертикальные и близкие к ним перемещения пород в всяческом и опущенном крыльях Мисканского разлома создали многочисленную систему оперяющих трещин субширотного простирания, выполненных экструзивными телами дацитовых порфира и зонами окварцевания

и осветлений. Возраст разлома может быть определен как верхнепалеозойский (в пределах  $C_2$ — $C_3$ ), исходя из того, что в оперяющие его системы трещин внедряются экструзивные тела дацитов — аналогов верхнепалеозойских эффузивов.

Саргаламский разлом — менее крупная разрывная структура на описываемой площади. Разлом представляет собою оперяющую ветвь Мисканского и расположен в юго-восточной части описываемого участка. Прослежен от г. Каратюбе до р. Шаугаз на расстоянии более 15 км. Простирается разлом северо-восточное ( $55$ — $60^\circ$ ), падение крутое к северо-западу под углом  $65$ — $70^\circ$ .

На всем протяжении разлом представлен не единой зоной, а двумя равноценными ветвями, сопровождающимися мощной полосой интенсивно передробленных и измененных пород. К востоку ветви разлома в свою очередь осложняются большим количеством мелких оперяющих трещин увеличивающих ширину зоны разлома до  $100$ — $120$  м. Блоки пород, зажатых между ветвями разломов, разбиты многочисленными трещинами и интенсивно переработаны гидротермальными растворами. Сложность строения Саргаламского разлома является следствием его формирования путем слияния и объединения многочисленных первоначально самостоятельных мелких нарушений. Об этом же свидетельствуют и многочисленные дайки молодых пород, прослеживающиеся вдоль разлома на значительное расстояние.

Вертикальная амплитуда перемещения по Саргаламскому разлому по данным скважин, пробуренных вблизи него, в настоящее время составляет  $120$ — $150$  м. Разлом сопровождается полосой интенсивно передробленных и осветленных пород, как правило, серицитизированных и окварцованных вплоть до образования вторичных кварцитов. В самом разломе и оперяющих его мелких зонах установлены многочисленные проявления меди и полиметаллов. Возраст Саргаламского разлома, вероятно, может быть определен как  $C_2$ — $C_3$ , т. е. одновременный с Мисканским. Заложение этого разлома окончательно определило своеобразие блока между Мисканским и Саргаламским разломами и условия для образования здесь медно-молибденовых и полиметаллических месторождений.

Колбулакский разлом проходит в южной части Саукбулакского рудного поля и имеет то же северо-восточное, почти широтное простираение. На западе он прослежен до сопряжения с Мисканским разломом на р. Алмалык, на востоке — до соединения с Железным разломом в бассейне р. Шаугаз.

Колбулакский разлом представляет собою крутопадающую зону дробления, выполненную почти повсеместно низкотемпературными кварцевыми и кварц-гематитовыми жилами. В водораздельной части рек Чилик и Кызата в зоне разлома установлены молодые диабазовые дайки, секущие кварцевую жилу. Вдоль разлома идет широкая полоса интенсивно осветленных пород с признаками рудной минерализации. К югу от разлома обнажаются гранодиориты Кураминского батолита, к северу — гранодиорит-порфиры гушсайского типа и небольшие остатки нижнедевонских эффузивов, средне- и верхнедевонских известняков. Падение разлома крутое к югу, амплитуда перемещения от десятков до сотен метров.

Алмалыкский разлом. Долина р. Саукбулак проходит вдоль зоны Алмалыкского глубинного разлома и вскрывает древние глубинные образования, сохранившиеся в этой зоне. Алмалыкский глубинный разлом относится к структурам северо-западного простираения и прослеживается в Саукбулакском рудном поле на расстоянии более  $6,5$ — $7,0$  км.

Мощность его ориентировочно может быть определена в 0,5—1,5 км, падение крутое на юго-запад. Разлом фиксируется по некоторому смещению западного крыла относительно восточного, достигающему 150—200 м. В самой зоне разлома вскрываются древние глубинные образования, интенсивно метаморфизованные и раздробленные.

На месторождении Сарычеку андезитовые порфиры  $D_1$  в зоне разлома переходят в сланцеподобные зеленокаменные образования, утратившие свою структуру и внешний облик. Здесь установлены многочисленные блок-ксенолиты метаморфизованных и раздробленных плагиогранитов, аляскитов и гранодиоритов. Для этих пород, а также молодых штоков и дайковых тел гранодиорит-порфиров характерно наличие больших количеств мелких ксенолитов силурийских сланцев, отсутствующих в ближайших окрестностях описываемой площади.

Обращает на себя внимание также резкое изменение простираций молодых даек. Дайки гранодиорит-порфиров, сиенито-диорит-порфиров и другие к востоку от р. Саукбулак имеют четко выраженные субширотные и северо-восточные простираения. В долине р. Саукбулак и далее на северо-запад простираение их меняется на северо-западное и близмеридиональное. Эти простираения даек сохраняются на значительном протяжении долины рек Саукбулак, Кызата, Каульды и снова меняются на субширотные к западу от р. Алмалык.

Общее простираение рудоносной зоны северо-западное, субпараллельное Алмалыкскому глубинному разлому и не зависит от простираения более ярко выраженных северо-восточных разломов — Мисканского и Саргаламского. Далее на юго-восток, вдоль зоны Алмалыкского глубинного разлома, установлены многочисленные проявления меди и полиметаллов, объединенные южнее в Саукбулакскую и Южно-Ургазскую группы проявлений.

Размещение оруденения в пределах Саукбулакского рудного поля обусловлено своеобразием геолого-структурных позиций рудного поля и литологическим составом вмещающих пород.

Месторождение Сарычеку находится в тектоническом клине между Мисканским и Саргаламским разломами, в зоне влияния глубинной тектонической структуры Алмалыкского разлома и приурочено к восточному крылу пологой брахиантиклинальной складки, сложенной кварцевыми порфирами и прорывающими их гранодиорит-порфирами Сарычеку. Такая структурная позиция месторождения обусловила концентрацию медно-молибденового оруденения только в пределах кварцевых порфиров, подстилаемых нижнедевонскими андезитовыми порфиритами.

На месторождении Сарычеку выявлено несколько морфогенетических типов рудных тел:

1. В зонах дробления и окварцевания в кварцевых порфирах и гранодиорит-порфирах Сарычеку.
2. В зонах дробления и окварцевания Мисканского и Саргаламского разломов.
3. В контакте кварцевых порфиров и андезитовых порфиритов нижнего девона.
4. Зоны скарнирования с медной и полиметаллической минерализацией в контакте известняков  $D_2$ — $D_3$  с гранодиорит-порфирами и сиенито-диоритами.
5. Кварц-баритовые жилы с медной и полиметаллической минерализацией.
6. Дайки так называемых «черных» гранодиорит-порфиров и мелкие тела эруптивных брекчий с медной и полиметаллической минерализациями.
7. Древнечетвертичные медьсодержащие конгломераты.



Кроме выделенных на месторождении, в пределах рудного поля установлены зоны дробления и окварцевания с медной минерализацией на рудопроявлениях Южный Саукбулак, Южный Ургаз, Мискан и другие; зоны дробления и контактово-метасоматические тела с медной и полиметаллической минерализацией на рудопроявлениях Мискан, Каратюбе, Коктепе, Каттану и других; многочисленные кварцевые жилы и зоны окварцевания с медной и полиметаллической минерализациями в различных частях рудного поля.

На месторождении Сарычеку наиболее распространенными и промышленно ценными являются рудные тела первого типа, образующие в цент-

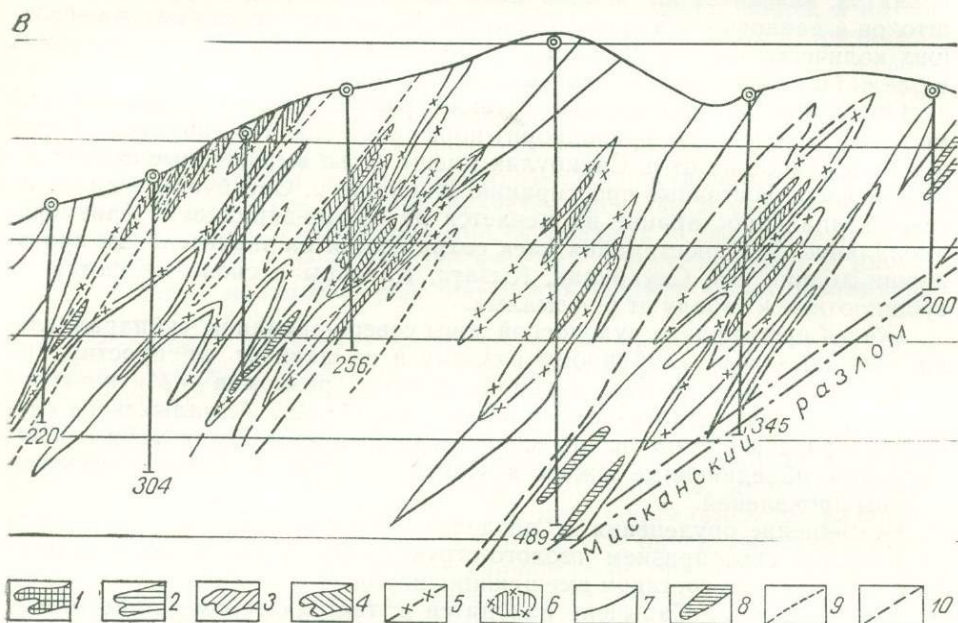


Рис. 19. Распределение медного оруденения на месторождении Сарычеку (по разрезу III—III к рис. 18):

рудные тела с содержанием меди: 1 — выше 1%, 2 — 0,99%, 3 — 0,2—0,3%; 4 — зоны минерализации с содержанием меди до 0,2%; 5 — контур развития окварцевания; 6 — зоны интенсивного окварцевания; 7 — контур развития серицитизации; 8 — зоны интенсивной серицитизации; контур развития; 9 — гидротермального магнетита, 10 — ангидритизации

ральной части месторождения систему параллельных тел субширотного простирания с пологими падениями на север и северо-восток. Мощность отдельных тел составляет 20—100 м, протяженность по простиранию — 100—500 м. Содержания меди колеблются от 0,66 до 1,11% (рис. 19, 20).

На глубине разобщенные рудные тела объединяются в единую мощную рудную зону, полого погружающуюся на север и северо-восток и прослеживающуюся в северо-западном направлении между Мисканским и Саргаламским разломами. В северо-западном и юго-восточном окончаниях ее зона соединяется с линзообразными телами, размещающимися в зонах дробления Мисканского и Саргаламского разломов.

Пологое залегание описываемой рудной зоны, разномерное распределение рудных компонентов и небольшой объем вскрышных работ создают весьма благоприятные условия для промышленной отработки открытым способом.

Рудные тела в зонах дробления субпараллельных трещин оперения Мисканского и Саргаламского разломов размещаются в интенсивно

окварцованных и серицитизированных кварцевых порфирах  $D_1^2$ , андезитовых порфиритах  $D_1^1$ , гранодиорит-порфирах, сиенито-диоритах и других породах. Содержание меди в рудных телах составляет 0,5—1,25%.

Мощность рудных зон вдоль Саргаламского и Мисканского разломов равна 50—100 м, протяженность 400—500 м. Для этих зон характерно высокое содержание пирита, а также присутствие галенита и сфалерита. Форма рудных зон удлиненная, неправильная, с короткими ветвящимися раздувами в участках сопряжения оперяющих трещин и узкими линейно вытянутыми телами в промежутках. Наиболее вероятным следует считать погружение описываемых рудных зон на значительную глубину по Саргаламскому и Мисканскому разломам.

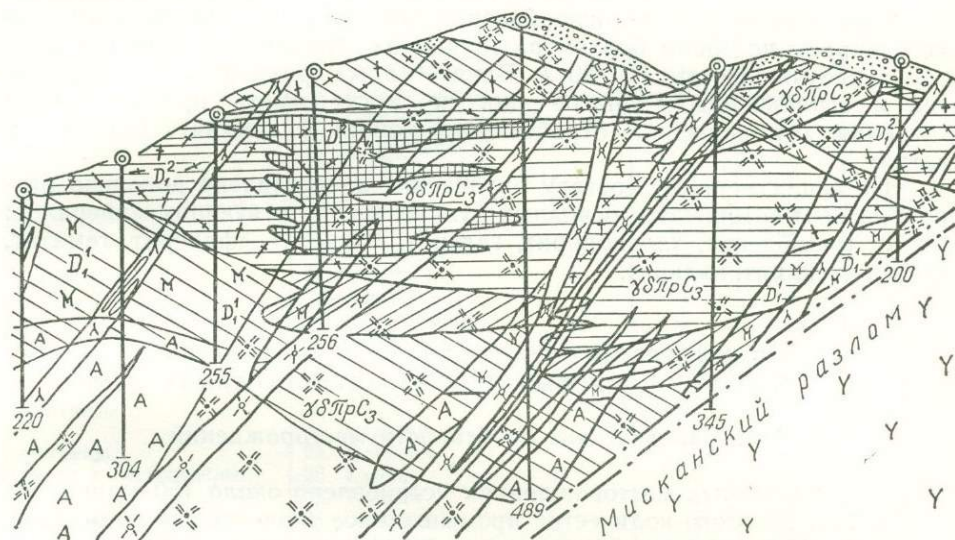


Рис. 20. Распределение медного оруденения на месторождении Сарычеку (по разрезу III—III к рис. 18). Условные обозначения см. на рис. 19.

Рудные тела, приуроченные к контакту андезитовых порфириров и кварцевых порфириров нижнего девона, характеризуются наличием прослойных подвижек и зон отслоения и не имеют выдержанных простирааний, мощности и устойчивых промышленных содержаний; их параметры определяются поведением самого контакта. Мощность рудных тел колеблется от долей метра до 10,9 м; содержания меди не превышают 0,6%.

По восточному контуру месторождения Сарычеку, вдоль крутого контакта карбонатной толщи  $D_2$ — $D_3$  с сиенито-диоритами и гранодиорит-порфирами встречаются мелкие линзообразные тела гранат-пироксеновых и пироксен-эпидотовых скарнов со слабо выраженной медной и полиметаллической минерализациями. Мощность этих тел составляет 1—5 м, длина по простираанию — от 10 до 20—30 м. Скарновые рудные тела не изучены, но присутствие их в благоприятных геолого-структурных условиях вблизи зон дробления Мисканского и Саргаламского разломов создает условия для обнаружения высоких концентраций меди и полиметаллов.

Кварц-баритовые жилы вскрываются канавами по правым бортам Саргаламская и Махаусая и приурочены к небольшим зонам дробления близмеридионального простираания. Максимальная мощность кварц-баритовых жил 1,5 м, протяженность по простираанию до 50 м. Рудная ми-

нерализация по жиле представлена крупной гнездообразной вкрапленностью пирита и халькопирита. Распределение минерализации неравномерное и поэтому промышленных концентраций выделить не удастся.

В центральной и юго-восточной частях месторождения Сарычеку отмечены мелкие дайкообразные и изометричные тела темно-серых брекчиевидных порфировых пород с обломками вмещающих пород. Это так называемые «черные» гранодиорит-порфиры, переходящие в эруптивные брекчии. В описываемых породах установлена довольно обильная окисленная и сульфидная медная и полиметаллическая минерализация.

Древнечетвертичные медьсодержащие конгломераты и брекчии выделены в виде мелких линзообразных тел в остатках древнечетвертичной террасы по обоим бортам р. Саукбулак. Мощностью этих тел 0,5—0,8 м, протяженность 15—20 м. Ввиду малых размеров описываемых тел и ограниченных запасов они не могут иметь промышленного значения, хотя попутную отработку их можно осуществить без особых затрат.

По вещественному составу оруденение представлено довольно разнообразным комплексом основных рудных и сопутствующих минералов: пирит, молибденит, халькопирит, галенит, магнетит, сфалерит, гематит, кварц, ангидрит, кальцит.

## **В. МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ РУДНЫХ ЗОН МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЙОНА**

### **Минералогические особенности месторождений**

В описываемых месторождениях установлено около 150 минералов (табл. 21). Из этого количества промышленное значение пока имеют не более 10—15 минералов (халькопирит, борнит, пирит, молибденит, халькозин, золото, ковеллин, куприт, тенорит, хризоколла, азурит, малахит и кварц, возможно также использование галенита и сфалерита). Из этих минералов извлекаются или могут быть извлечены не только их ведущие химические элементы, но и большой комплекс редких элементов («Рудные формации и основные черты металлогении золота», 1969).

Количественные содержания минералов в рудах колеблются в широких пределах. Наиболее распространенные рудные минералы — пирит, халькопирит и золото, менее распространены молибденит, сфалерит, галенит, пирротин и блеклые руды.

Детальным изучением минералогии и геохимии выявлен большой комплекс полезных компонентов руд и установлены формы их нахождения, что должно способствовать разработке более рациональных технологических схем использования руд. Так, если извлечение меди из окисленных руд зависит от формы ее нахождения (малахит, азурит или хризоколла и др.), то в сульфидных рудах большое влияние оказывает размерность выделений халькопирита и его сростания с другими, особенно нерудными, минералами. Установление свинца и цинка в медно-порфировых рудах в виде галенита и сфалерита соответственно позволит извлекать их из коллективного сульфидного концентрата.

Ниже приводится полный список минералов месторождений Кальмакыр, Дальнее и Сарычеку с примерной количественной распространенностью их (табл. 21). Такие же списки минералов всего Карамазара проводились в других работах (Уклонский и др., 1966).

## Список минералов медно-порфировых месторождений Алмалыкского рудного района

Класс	Минеральные виды и разновидности	Кальма-кыр	Дальнее	Сарычеку
Самородные элементы	1. Самородная медь	+	+	+
	2. Самородное серебро	+		
	3. Самородное золото	+++	++	
Сульфиды	4. Электрум	+		
	5. Графит	+		
	6. Халькозин	++	+	+
	7. Борнит	++	++	+
	8. Сфалерит	+	+	+
	Клейофан	+		
	Марматит	+		
	9. Халькопирит	+++	+++	+++
	10. Теннантит	+	+	
	11. Тетраэдрит	+	+	
	12. Энargит	+		
	13. Пирротин	++	+	+
	14. Галенит	+	+	+
	15. Ковеллин	++	+	+
	16. Виттихенит	+		
	17. Пирит	+++	++	++
	18. Марказит	+	+	
	19. Арсенопирит	+		+
	20. Молибденит	+++	+++	+++
	21. Теллуrowисмутит		+	
22. Тетрадимит		+		
Теллуриды	23. Гессит	+		
	24. Калаверит	+		
Галогениды	25. Флюорит	+		
	26. Куприт	++	+	+
Окислы и гидроокислы	27. Тенорит	++		
	28. Шпинель	++	+	
Окислы и гидроокислы	29. Магнетит	+++	+++	+
	Мушкетовит	++	+	+
30. Гематит	++	+	+	
	Мартит	+++	++	+
31. Ильменит	+	+		
32. Кварц	+++	+++	+++	
33. Опал	+			
34. Халцедон	+	+	+	
35. Пирролюзит	++	+		
36. Рутил	+	+	+	
37. Псиломелав	++	+	+	
38. Анатаз	+	+		
39. Молибдит	+			
40. Брусит		+		
41. Гетит	+++	++	+	
42. Гидрогетит	+++	++	+	
43. Лепидокрокит	+			
Силикаты	44. Форстерит	++	+	
	45. Альмандин	+		
	46. Андрадит		+	
	47. Циркон	+	+	+
	48. Торит *	+		
	49. Ставролит	+		
	50. Датолит		+	
	51. Сфен	+	+	+
	52. Дюмортьерит	+		
	53. Каламин	+		
	54. Эпидот	++	++	+
	55. Цоизит	++		

класс	минеральные виды и разновидности	Кальма- кыр	Дальнее	Сарычэку
Силикаты	56. Безувиан	+	+	
	57. Пренит	+	+	
	58. Турмалин	++	+	+
	Дравит	++		
	Шерл	++		
	59. Хризиколла	+++	+	+
	60. Диопсид	++	+	
	61. Геденбергит	++		
	62. Фассаит	+		
	63. Авгит	++	+	
	64. Тремолит	++	+	
	65. Актинолит	++	+	
	66. Роговая обманка	++	++	++
	67. Волластонит	+	+	
	68. Апофиллит	+	+	
	69. Пирофиллит	++		+
	70. Тальк	++	+	
	71. Парагонит		+	
	72. Мусковит	+	+	+
	73. Серицит	+++	+++	+++
	74. Флогопит	++	+	
	75. Биотит	+++	+++	++
	76. Гидробиотит	+	+	
	77. Гюмбелит	+		+
	78. Иллит	+	+	+
	79. Пеннин	+++	+++	+++
	80. Клинохлор	+++		+
	81. Рипидолит	++		
	82. Прохлорит	+++		
	83. Каолинит	+++		
	84. Диккиит		+	+
	85. Серпентин	++	+	
86. Хризотил-асбест	+	+		
87. Пальгорскит	+	+		
88. Галлуазит	++			
89. Аллофан	+			
90. Сепиолит	++			
91. Анальцит		+		
92. Андезин	++	+		
Оликоглаз	+	+	+	
93. Альбит	+	+	++	
94. Микроклин	++	++	++	
95. Ортоклаз	+++	++		
Анортоклаз	+	+		
Адвляр		+		
96. Натролит	++	+		
97. Томсонит	+			
98. Ломонит	+	+		
99. Леонгардит	+			
100. Гейландит	++	+		
101. Десмин		+		
102. Стильбит	+			
103. Либетенит	++			
104. Псевдомалахит	++			
105. Апатит	++	+	+	
106. Бирюза	++			
Бирюза мягкая	+			
107. Самплеит	++			
108. Торбернит *	+			
109. Вольфрамит	+			
110. Повеллит	+			
111. Шеелит	+			
Вольфраматы и молибдаты				

класс	минеральные виды и разновидности	Кальма- кыр	Дальнее	Сарычек
Сульфаты	112. Вульфенит	+		
	113. Ферримолибдит	+++		+
	114. Ангидрит	+++	+++	+++
	115. Барит	++	+	
	116. Англезит	+		
	117. Алунин	++	+	
	118. Брошантит	++		
	119. Ярозит	+++	+	+
	120. Халькантит	++		+
	121. Мелантерит	++		+
Сульфаты	122. Эпсомит	+		
	123. Мирабилит	+		
	124. Гипс	+++	++	++
	125. Полугидрат	+	+	
	126. Цианотрихит	+		
Карбонаты	127. Сидерит		+	
	128. Кальцит	++	+	+
	Мп-кальцит		+	
	129. Доломит	+	+	
	130. Анкерит	+	+	+
	131. Арагонит	+		
	132. Церуссит	+	+	
	133. Азурит	++	+	++
	134. Малахит	+++	++	+++
	135. Аурихальцит	+		
Итого		135	86	52

Примечание. Знак +++ указывает широкую распространенность, ++ — среднюю и + — малую распространенность; без номера приведены разновидности; \* — акцессорные минералы.

### РУДНЫЕ МИНЕРАЛЫ

**Халькопирит.** Минерал находится в виде вкрапленности, зернистых минеральных агрегатов, прожилков, жил, гнезд и неправильной формы скоплений. Изредка встречаются мелкие (от 1—2 до 4 мм) кристаллы халькопирита (Дальнее, Кальмакыр, Кургашинокан) в форме тетрагональных тетраэдров или их двойниковых сростков. Размеры зерен халькопирита в Кальмакыре (табл. 22) очень малы — в основном 0,05—0,2 мм.

Таблица 22

классы размерности зерен халькопирита и пирита  
в рудах Кальмакыра

Номер класса	Класс. мм	Содержание от общего			
		количества зерен, %		объема минерала, %	
		пирит	халько- пирит	пирит	халько- пирит
I	до 0,05	32	57	2	9
II	0,05—0,1	30	30	29	30
III	0,1—0,2	24	10	27	44
IV	0,2—0,3	7	2	15	11
V	0,3—0,5	4	0,6	25	5
VI	более 0,5	3	0,4	2	1
		100	100	100	100

Результаты измерений, проведенных И. М. Головановым, в общем подтверждают данные З. А. Королевой (1941). Без применения травления зерна халькопирита кажутся в шлифах крупнее (0,1—0,7 мм). Однако травление показывает, что это — агрегаты более мелких различно ориентированных зерен.

Физические свойства изученных халькопиритов обычны для этого минерала: несовершенная спайность, неровный излом, заметная хрупкость, золотисто-желтый цвет (на несвежих поверхностях — яркая побелость), зеленовато-серая черта и сильный металлический блеск.

Таблица 23

Распределение элементов-примесей в халькопиритах месторождений Алмалыка

Элемент	Кальмакыр	Джаныбек	Дальнее	Сарычеку
Au	22/20	—	24/11	1,5/7
Ag	65/20	—	56/17	75/7
Cd	25/1	—	20/58	25/1
Ga	10/7	—	1/2	15/3
In	11/29	2/4	1,6/5	4/17
Tl	7/43	—	1,4/7	0,0/10
Ge	1/3	—	1/4	1/1
Bi	70/25	20/1	194/7	50/3
Se	83/34	110/1	84/122	100/16
Te	10/34	17/1	7/122	18/12
Pt	0,02/3	—	0,16/20	—
Pd	0,21/3	—	0,18/38	—
Ph	0,01/1	—	0,01/1	—
Re	2,6/9	—	1,0/20	8,4/1
Ni	He обн./31	—	60,0/29	x/3
Co	xx/31	—	176/29	x/3
Hg	0,3/1	—	—	0,3/1

Примечание. В числителе указано содержание (g/m), в знаменателе — количество анализов, x — граммы на тонну, xx — десятки грамм на тонну (по спектральным анализам).

Удельный вес алмалыкских халькопиритов колеблется от 4,12 до 4,31 (данные микрообъемного метода). Оптические свойства, наблюдаемые в аншлифах, обычны для этого минерала. При травлении в некоторых зернах халькопирита проявляются четкие полисинтетические двойники.

На медно-порфировых месторождениях района изучено распределение элементов-примесей в халькопиритах (табл. 23). Из дубликатов проб керна колонковых скважин составлены и изучены групповые пробы, распределенные почти равномерно по площади и объему рудных тел месторождения. Пробы (около 200) группировались из интервала примерно 50 м по глубине. Исходный вес групповых проб около 2—3 кг принят в расчете получить достаточное для анализов количество мономинерального концентрата.

Халькопиритовые концентраты из каждой групповой пробы подвергли полуколичественному спектральному анализу, химическому определению (выборочно) — висмут, таллий, германий, галлий, кадмий, селен, теллур, индий, молибден, рений, а также пробирному (золото и серебро) и спектрально-пробирным анализам (золото, платина, палладий, родий).

Основные типы пород, вмещающие руды Дальнего: снетито-диориты, диориты и гранодиорит-порфиры. В пределах каждой группы вме-

щающих пород пробы распределили по глубинности. Общий вертикальный размах опробования составлял 660—700 м. Всего выделены четыре слоя по 180 м каждый с абсолютными отметками: 1) 570—390, 2) 390—210, 3) 210—90 и 4) от +90 до —90 м. Наиболее полные данные получены по главной рудовмещающей породе — сиенито-диоритам (табл. 24).

Таблица 24

Содержание элементов-примесей в халькопиритовых концентратах из сиенито-диоритов месторождения Дальнее на различных горизонтах

Элемент	Интервал горизонта в абсолютных отметках, м				Среднее взвешенное
	570—390	390—210	210—90	+90 до —90	

Спектральный анализ

Ba	5с	6с	7с	4с	5с
Sr	3с	4с	3с	3с	3с
Mn	6с	8с	7с	6с	7с
V	5т	5т	5т	5т	5т
Ti	3д	3д	3д	2д	3д
Cr	4т	6д	6т	6т	6т
Pb	6д	4т	3д	1д	3д
Zn	2д	2д	2д	2д	2д
As	2с	5с	6с	2с	4с
Bi	2с	9т	3с	2с	2с
Ni	2т	3т	4т	2т	3т
Co	5т	5т	7т	2т	5т
Sb	3с	4с	3с	2с	3с
Mo	2с	3с	7с	6с	5с
Sn	6дт	1т	6дт	3дт	4дт
Y	2т	2дт	1т	1т	1т
Zr	8т	9т	7т	9т	8т
Sc	1т	1т	1т	1т	1т
Ga	1т	9дт	9дт	2т	1т

Химический анализ,  $\text{г/т}$

Se	66/19	87/31	84/10	110/10	87
Te	9/21	8/31	7/10	10/10	8
Re	1/4	1/4	—	1/5	1

Спектрально-пробирный анализ,  $\text{г/т}$

Pt	0,17/3	0,15/5	—	0,15/2	0,15
Pd	0,15/7	0,23/13	0,20/1	0,42/4	0,25

Пробирный анализ,  $\text{г/т}$

Ag	36,0/3	44,0/5	—	63,0/1	40,0
Колич. проб	21	31	11	10	73

Интересные выводы получены при рассмотрении вертикальной зональности распределения некоторых элементов по выделенным четырем горизонтам глубинности (Голованов, Рахубенков, 1971). По спектральным данным в халькопиритовых концентратах с глубиной постепенно уменьшается содержание свинца и пропорционально увеличивается содержание и частота встречаемости молибдена, что согласуется с общими особенностями геохимии этих элементов. Химические анализы показывают увеличение с глубиной содержаний селена (66—97—84—110  $\text{г/т}$ ). Количество теллура сначала уменьшается, а потом увеличивается.



По результатам анализов около 350 проб по керну 11 колонковых скважин Дальнего в абсолютных отметках глубинности были построены кривые распределения селена и теллура в халькопиритовых концентратах с чистотой 95—98%. Характер кривых свидетельствует о тенденции увеличения содержания селена с глубиной и своеобразном размещении концентраций теллура, дающем один максимум вблизи поверхности, а второй — на глубине 50—150 м.

Различные типы вмещающих пород (табл. 25), по данным И. М. Голованова и А. Т. Рахубенкова, не оказывают особо заметного влияния на концентрацию элементов-примесей в халькопирите, хотя в сиенито-диоритах некоторые из этих элементов (селен, палладий) как будто имеют несколько повышенные значения.

Таблица 25

Содержание элементов-примесей в концентратах халькопирита из различных вмещающих пород месторождения Дальнее. г/т

Порода	Se	Te	Bi	Re	Ge	In	Au	Ag	Pt	Pd	Rh
Сиенито-диориты	98	7	30	1	1	3	12,7	32,8	0,15	0,22	—
	89	90	4	22	3	3	9	9	14	27	—
Гранодиорит-порфиры	82	6	30	1	1	—	—	—	0,35	0,16	0,015
	13	13	1	3	1	—	—	—	1	4	1
Диориты	77	8	—	—	—	2	—	—	0,15	0,18	—
	20	20	—	—	—	1	—	—	5	7	—
Среднее значение по всем породам	84	7	3	1	1	3	12,7	32,8	0,16	0,18	0,015
	112	123	4	25	4	4	9	9	20	38	1

Рассеянно-вкрапленный халькопирит чаще встречается в виде мельчайшей сыпи в породах, обогащенных темноцветными минералами — габбро, диоритах и сиенито-диоритах, интенсивно биотитизированных и хлоритизированных. Прожилковый халькопирит находится в более крупных (от 1 до 5—10 мм) выделениях в кварцево-халькопиритовых, кварц-халькопирит-пиритовых и халькопирит-магнетитовых прожилках, Жильный — в виде скоплений (до 2—3 см) отмечен в кварцевых, кварц-барит-кальцитовых жилах мощностью до 0,5 м.

Для халькопирита характерна в основном аллотриоморфнозернистая структура, характеризующаяся ксеноморфным очертанием зерен в мономинеральных участках. Медно-порфировые руды Алмалыка отличаются своеобразными формами выделения тонковкрапленного халькопирита, замещающего в парагенезисе с пиритом хлоритизированный биотит по трещинам спайности и периферии зерен. Для этих же руд обычно замещение халькопиритом магнетита, пирита, а также кварца и железистого карбоната.

Из рудных минералов халькопирит, как правило, тесно ассоциирует с пиритом, магнетитом, блеклой рудой, борнитом, кубанитом, пирротином и др. Из жильных — с кварцем, ангидритом, карбонатами, баритом; из минералов метасоматических зон изменения — с биотитом, хлоритом, актинолитом, серицитом, ортоклазом, альбитом.

Непосредственно практический и большой теоретический интерес представляет количественное соотношение пирита и халькопирита в прожилково-вкрапленных рудах Алмалыкского района (Бадалов, 1965; Голованов, Мусин, 1966 и др.). Это соотношение влияет на подсчет

общих валовых содержаний серы и многих редких элементов, а также на выяснение роли пирита и халькопирита как минералов-носителей редких элементов.

По данным систематического исследования многих сотен полированных шлифов из 50 буровых скважин Кальмакыра величина отношения пирита к халькопириту (Королев, 1940) составляет в среднем около 3 : 1. Для различных типов пород К. Ф. Налетова получила по результатам анализов шлифов числовые данные, перечисленные на весовые проценты (табл. 26). В основных рудовмещающих породах сиенитовой группы содержание халькопирита оказывается резко повышенным, а пирита — пониженным, по сравнению с гранодиорит-порфирами, что соответственно резко изменяет весовое отношение одного минерала к другому (табл. 26).

Таблица 26

Распределение пирита и халькопирита в различных породах Кальмакыра

Порода	Кол-во использованных скважин	Содержание, вес. %		Отношение пирита к халькопириту
		пирита	халькопирита	
Гранодиорит-порфиры	9	7,8	0,44	18 : 1
Сиениты и сиенито-диориты	16	3,9	1,6	2,4 : 1
Габбро	1	8,9	0,64	14 : 1

Для Кальмакыра на основе определения в 1200 групповых пробах содержаний серы (сульфидной и сульфатной) и меди Е. Р. Бутьева (табл. 27) вывела отношение пирита к халькопириту в балансовых рудах, равное 2,6. В более бедных рудах это отношение выше — 3,4. Установлено, что с глубиной относительное содержание пирита уменьшается, а халькопирита — увеличивается (табл. 27).

А. Т. Рахубенковым и И. М. Головановым (1971) соотношение указанных минералов на месторождении Дальнее высчитано по весовым процентам серы и меди (табл. 28) и по соотношению весов выделенных мономинеральных концентратов пирита и халькопирита (табл. 29).

Таблица 27

Величина отношения пирита к халькопириту в рудах месторождения Кальмакыра

Глубина в абсолютных отметках, м	Малый Кальмакыр	Западный Большой Кальмакыр	Восточный Большой Кальмакыр	Акчеку	Джаныбек	Итого
До горизонта 630	2,3	3,6	3,6	5,3	2,1	3,4
	3,6	5,1	6,8	5,6	2,7	4,8
630—450	1,8	2,4	2,8	2,4	—	2,4
	3,3	3,5	5,0	4,5	—	4,1
Ниже горизонта 450	1,8	1,4	0,9	1,8	—	1,5
	3,3	2,1	0,8	2,9	—	2,3
Итого:						2,6
						3,4

Примечание. Числитель — в балансовых рудах, знаменатель — в забалансовых.

Таблица 28

Отношение пирита к халькопириту в рудах месторождения Дальнее по горизонтам глубинности и типам вмещающих пород, вес. % серы

Абсолютные отметки слоя, м	Содержание				Отношение пиритовой и халько- пиритовой серы	Количество проб
	меди, %	серы суль- фидной, %	халько- пиритной серы, %	пиритной серы, %		
I. Кварцевые мелкозернистые сиенито-диориты						
570—890	0,39	1,15	0,39	0,76	2,0	39
390—210	0,34	0,99	0,34	0,65	1,9	40
210—90	0,41	1,11	0,41	0,70	1,7	34
+90 —90	0,38	0,79	0,38	0,41	1,1	17
Среднее	0,37	1,04	0,37	0,67	1,8	130
II. Мелкозернистые диориты						
570—390	0,28	0,60	0,28	0,32	1,14	38
390—210	0,36	1,44	0,36	1,08	3,0	40
210—90	0,30	1,07	0,30	0,77	2,57	37
Среднее	0,32	1,05	0,32	0,73	2,28	106
III. Гранодиорит-порфиры						
570—390	0,41	1,48	0,41	1,07	2,6	6
390—210	0,40	1,09	0,40	0,69	1,7	15
210—90	0,37	1,11	0,37	0,74	2,0	24
+90 —90	0,46	0,69	0,46	0,23	0,5	25
Среднее	0,41	1,47	0,41	1,06	2,58	70

Результаты, полученные вторым методом, несколько завышены (5,4) вследствие потери мелкозернистого вкрапленного халькопирита и должны рассматриваться как предварительные. По полузаводской технологической пробе месторождения Дальнее, отобранной на горизонте +600 м, отношение пиритовой серы к халькопиритовой составляет  $1,39 : 0,44 = 3,2$ . Эта цифра, по-видимому, близка к истинной средней для

Таблица 29

Соотношение пирита и халькопирита, выделенных физико-механическим способом из концентратов руд месторождения Дальнее

Номер пробы	Начальный вес прото- лочка, кг	Вес отмытого шлифа, г	Содержа- ние Си в протопочке (%)	Пиритный кон- центрат		Халькопиритный концентрат		Отношение (весовое) пирита к халько- пириту
				вес, г	количество пирита, %	вес, г	количество халькопирита, %	
236933	1,562	23,220	0,66	12,9	95	1,2	92	10,6
236946	1,675	21,190	0,81	8,3	92	0,8	80	10,0
236937	1,560	17,800	0,31	1,95	95	0,2	85	9,4
236938	2,310	19,570	0,52	2,05	90	0,3	85	6,5
236943	2,500	22,700	0,74	7,9	98	1,75	80	4,0
236950	1,310	5,620	0,65	2,05	92	0,9	85	2,1
258050	1,875	22,5	0,45	5,5	99	0,8	85	7,0
258052	1,675	31,0	0,35	6,0	96	0,8	96	7,5
258064	1,250	19,0	0,49	3,1	97	1,35	92	2,2
258083	1,275	28,0	0,49	2,75	97	2,40	80	1,1
258042	1,750	41,0	0,59	14,0	92	2,4	92	6,0
258090	1,587	29,0	0,34	2,20	95	1,50	90	1,5
253208	1,460	70,30	0,65	7,0	92	2,7	90	2,6
Среднее								5,4

указанного горизонта глубинности. Исследованиями установлено (табл. 33), что в различных породах отношение пирита к халькопириту меняется. С глубиной в рудах Дальнего, локализованных в сиенито-диоритах, так же как на Кальмакыре, уменьшается относительное количество пирита и увеличивается — халькопирита.

**Борнит** в медно-порфировых рудах Алмалыка образует редкую мелкую вкрапленность от долей до 1 мм. В шлифах он розовато-коричневый с фиолетовым оттенком, изотропен, иногда слабо анизотропен. Характерны решетчатые структуры сростания с халькопиритом.

Борниты золотосодержащих медных месторождений содержат довольно высокие количества золота. В Бозымчаке концентрация золота в борните колеблется от 7 до 27 г/т, серебра — от 115 до 450 г/т (по данным 5 проб). В алмалыкских медно-порфировых месторождениях — Кальмакыре, Дальнем — мелкие включения самородного золота и электрума (?) ассоциируют с вкрапленным борнитом в пропицитизированных сиенито-диоритах и диоритах. Высокие концентрации серебра (сотые, десятые доли процента) устанавливаются также спектральными анализами. К постоянным примесям борнитов относится и висмут. Таким образом, золото, серебро и висмут можно считать типоморфными элементами-примесями исследованных борнитов.

По условиям образования различаются гипогенный и гипергенный борнит, отмечаемый в ничтожно малых количествах в зоне вторичного сульфидного обогащения и зоне окисления многих медных месторождений в ассоциации с халькозином, ковеллином, купритом, самородной медью, теноритом и реликтами полуокисленного халькопирита. Гипогенный борнит встречается во вкрапленных рудах медно-титаномагнетитовых рудопроявлений Шаваз, Акчи и Беляутысая на правобережье р. Ангрэн. Там он образует мелкую вкрапленность (сотые, десятые доли миллиметра), замещающая в ассоциации с халькопиритом магнетит и темновесные минералы.

В пропицитизированных диоритах и сиенито-диоритах алмалыкских месторождений борнит иногда образует зоны вкрапленных руд мощностью до 50—70 м (скв. 346, месторождение Дальнее). В таких зонах резко меняется соотношение халькопирита и борнита, оно составляет 2:1, тогда как обычно для месторождений — не меньше 20:1. Здесь много магнетитовых прожилков, метасоматического биотита и хлорита.

**Халькозин.** Гипергенный халькозин — это обычный минерал зоны вторичного сульфидного обогащения медных месторождений. Наиболее крупные скопления он образует в зоне окисления Кальмакырского месторождения, в меньшей степени — в Дальнем и Сарычеку.

Результаты фазовых анализов показывают, что на горизонтах 670—680 м Кальмакырского карьера имеются участки окисленных и смешанных руд, где количество вторичных сульфидов меди (в основном халькозина) составляет 60—80% от всех минералов меди (или от 3 до 6% вторичных сульфидов во многих пробах). Здесь имеется отчетливое проявление зоны вторичного сульфидного обогащения.

Выделены две разновидности гипергенного халькозина: сажистая и плотная. Сажистый халькозин, образующийся в результате замещения пирита, по данным М. И. Моисеевой, ассоциирует с теноритом. Плотный халькозин представляет собой результат замещения халькопирита. При окислении халькозин переходит в куприт, малахит, брошантит, тенорит и другие минералы.

По данным химических анализов в халькозине Кальмакыра установлены в среднем, г/т: селен — 22, теллур — 10, таллий — 5—6, золо-

то — 3—4, серебро — 30—40. Спектральным анализом (табл. 30) в халькозине обнаружены стронций, барий, цинк, молибден, олово, висмут и др.

П и р и т — «вездесущий» и самый распространенный минерал медных месторождений Узбекистана. Наибольшее практическое значение как источник серы и редких элементов имеет пирит из медно-порфировых месторождений Алмалыкского района, колчеданно-полиметаллических Хандизы и отчасти медноколчеданных тел Кургашиноканского месторождения. Минерал встречается в самых разнообразных формах: вкрапленность, гнезда, прожилки, жилы, линзы и залежи. Образует кристаллы всевозможных размеров, часто в форме куба, пентагондодэкаэдра и комбинации куба с пентагондодэкаэдром. Размер пентагондодэкаэдрических кристаллов пирита из Кургашинокана достигает 7 см по ребру.

Таблица 30

Результаты спектральных анализов халькозинов

Место- рождение	К-во проб	Ag	Mg	Ca	Sr	Ba	Zn	Al	Ti	Si	Sn	Pb	Bi	Mo	Mn
Кальмакыр	5	2	5	7	1	3	Сл.	6	—	9	—	—	Сл.	Сл.	—
Сарычеку	2	4	8	4	4	4	4	8	3	9	2	3	1	1	3

Микротвердость пирита по результатам 15—20 замеров каждого шлифа определена для 14 различных месторождений (выполнены в минералогической лаборатории ЦХЛ МГ УзССР под руководством Э. П. Николаевой). Известно (Иванов, Прахова, 1963; Прахова, 1968; Новиков, Свешников, 1968 и др.), что данные о микротвердости пирита используются как признак условий образования минералов в месторождениях Урала и других регионов.

Микротвердость зависит от общей степени катаклаза зерен пирита и уменьшается с увеличением степени раздробленности зерен с 1250—1300 до 1050—1180 кг/мм<sup>2</sup> (в особенности резко колеблются пределы микротвердости). Пределы значения микротвердости, по С. И. Лебедевой (1963), равны 1144—1374 кг/мм<sup>2</sup>. Типоморфных особенностей микротвердости пиритов в различных рудных формациях уловить не удалось. В целом значения микротвердости пиритов разных месторождений довольно близки.

По результатам специальных анализов в пиритах типоморфными примесями являются медь, цинк, свинец, никель, кобальт и другие элементы. В пиритах медно-порфировых месторождений в повышенных количествах отмечены медь и молибден (0,055% в Дальнем). По материалам Л. Н. Овчинникова (1960), ранние генерации пирита содержат больше элементов примесей, чем поздние. По-видимому, этот вывод можно распространить на высокотемпературные пириты по аналогии с низкотемпературными.

Результаты изучения количественного распределения элементов-примесей в пиритах месторождений Алмалыка показали (табл. 31), что из всех обнаруженных элементов определенный практический интерес могут иметь селен, теллур, золото, серебро, кобальт, никель, рений и висмут.

На примере медно-порфирового месторождения Дальнее И. М. Головановым совместно с А. Т. Рахубенковым изучено распределение элементов-примесей в пиритах в зависимости от глубины взятия пробы и типа вмещающих пород (табл. 32).

Таблица 31

## Распределение элементов-примесей в пиритах месторождений Алмалыка

Месторождение	As	Ag	Se	Te	Bi	Tl	Pt
Кальмакыр	$\frac{3,5}{30}$	$\frac{36}{30}$	$\frac{40}{77}$	$\frac{16}{77}$	$\frac{50}{31}$	$\frac{2}{40}$	$\frac{\text{He об.}}{3}$
Дальнее	$\frac{5}{32}$	$\frac{21}{30}$	$\frac{63}{171}$	$\frac{11}{169}$	$\frac{70}{144}$	$\frac{1}{17}$	$\frac{1,2}{3}$
Сарычеку	$\frac{2,5}{4}$	$\frac{32}{4}$	$\frac{60}{5}$	$\frac{10}{5}$	$\frac{\text{He об.}}{7}$		

Продолжение таблицы 31

Месторождение	Pd	Rh	Ni	Co	Re	Hg	In	Ga	Cd
Кальмакыр	$\frac{0,014}{3}$	—	$\frac{0,0x}{40}$	$\frac{0,0x}{40}$	$\frac{1,2}{8}$	$\frac{1}{23}$	$\frac{0,5}{17}$	$\frac{50}{4}$	
Дальнее	$\frac{0,16}{3}$	$\frac{0,02}{3}$	$\frac{105}{84}$	$\frac{1080}{46}$	$\frac{1,2}{46}$		$\frac{6}{15}$	$\frac{1,6}{64}$	$\frac{18}{96}$
Сарычеку					$\frac{2,2}{1}$			$\frac{1}{9}$	

Примечание. В числителе — содержание,  $г/т$ ; в знаменателе — количество проб; 0,0x% и 0,x% (по данным спектральных анализов).

Вертикальная зональность распределения элементов-примесей в пиритовых концентратах выражена для некоторых элементов довольно четко. С глубиной в пиритовых концентратах уменьшается содержание свинца и увеличивается селена (52—58—65—68  $г/т$ ), теллура (7—7—8—10  $г/т$ ) и особенно резко висмута (30—50—55—108  $г/т$ ).

Данные о распределении элементов-примесей в зависимости от типа вмещающих пород (табл. 33 и 34) показывают, что пириты из сиенито-диоритов (основных рудовмещающих пород) обогащены селеном, висмутом, золотом, серебром по сравнению с таковыми из гранодиорит-порфиров и диоритов «Диоритовые» пириты в целом содержат более низкие количества примесей, за исключением теллура и палладия, концентрации которых в них самые высокие.

Обобщенные данные свыше 350 проб пиритов по керну 11 колонковых скважин Дальнего разнесены И. М. Головановым и А. Т. Рахубенковым по абсолютным высотным отметкам глубинности. Кривые распределения селена и теллура иллюстрируют тенденцию некоторого увеличения содержаний селена и теллура в пиритных концентратах с глубиной в интервале +650 — +50 м, т. е. на общую глубину 600 м. Следовательно, глубокие, по-видимому, более высокотемпературные пириты обладают большей способностью к концентрации селена в изоморфной форме к сере, а теллура лишь частично в изоморфной форме, но в большей степени в виде теллуридов.

Сходные данные получены Н. И. Бугаевым (1969) для пиритов Гумшевского медного месторождения на Урале. В пластообразных медноколчеданных рудах Смольника (Вабсан, Павский, 1966) картина прямо противоположная: с глубиной количество селена уменьшается в 10 раз. Имеется мнение (Tischendorf, 1966), что в общем случае содер-

жание селена в сульфидах не может служить критерием условий его образования, так как оно является производным суммы факторов. Заметим, что, по-видимому, в частных конкретных случаях проявлению фациальности в распределении селена стоит придавать значение. При изучении распределения селена и теллура в гидротермально измененных

Таблица 32

Содержание элементов примесей в пиритных концентратах из сиенито-диоритов месторождения Дальнее

Элемент	Интервал горизонта в абсолютных отметках, м				Среднее взвешенное
	570—390	390—210	120—90	+90 до -90	

Спектральный анализ, %

Mg	6д	6д	6д	6д	6д
Ba	3с	2с	3с	2с	2с
Sr	1с	1с	1с	1с	1с
Mn	3с	3с	4с	4с	3с
V	1т	2т	2т	1т	1т
Ti	1д	1с	8с	1с	5с
Cr	4т	3т	5т	4т	4т
Ag	2т	2т	2т	3т	2т
Pb	3д	1д	1д	5с	1д
Zn	1д	3д	3д	2с	2д
As	2с	2с	3с	4с	3с
Bi	5с	3с	2с	3с	3с
Ni	2т	5т	9т	2т	4т
Co	7т	5т	4т	6т	5т
Sb	2д	—	—	—	—
Mo	7т	2с	2с	4т	1с
Sn	5дт	6дт	6дт	—	5дт
Y	—	1т	1дт	—	1дт
Zr	4т	5т	4т	2т	4т
Ga	6дт	6дт	7дт	7дт	6дт

Химический анализ, г/т

Se	52/12	58/16	65/8	68/6	61
Te	7/12	7/16	8/8	10/6	8
Bi	30/8	50/13	55/6	108/4	61

Спектрально-пробирный, г/т

Pt	—	0,15/2	0,19/1	—	0,15
Pd	0,17/2	0,15/4	0,19/1	—	0,27

Пробирный анализ, г/т

Ag	15/5	14/4	19/1	—	16
Количество проб	14	16	8	6	44

породах Алмалыкского рудного поля установлено (Бадалов, Рабинович, 1964), что содержание селена в пиритах таких пород может составлять 200—500 г/т. Поскольку указанные пириты являются высокотемпературными, это согласуется с данными, полученными авторами.

Имеющиеся литературные данные о распределении и формах нахождения золота в пирите (Тюрин, 1966; Вахрушев, 1967; Сахарова, 1968; Гуреев и др., 1968) дают основание для утверждения, что в минерале, отличающемся повышенной золотоносностью, существует, кроме видимого самородного золота, электрума и теллуридов золота, также

Таблица 33

Содержание элементов примесей в концентратах пирита месторождения Дальнее в зависимости от вмещающих пород, г/т

Вмещающие породы	Результаты химического анализа									Результаты пробирного анализа		Результаты пробирно-спектрального анализа		
	Se	Te	Bi	Tl	Re	Ge	Ga	Cd	In	Au	Ag	Pt	Pd	Rb
Сиенито-диориты	$\frac{96}{80}$	$\frac{7}{77}$	$\frac{50}{61}$	$\frac{2}{49}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{38}$	$\frac{1}{56}$	$\frac{20}{46}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{6,6}{9}$	$\frac{15,5}{9}$	$\frac{0,16}{3}$	$\frac{0,18}{10}$	$\frac{0,016}{2}$
Гранодиорит-порфиры	$\frac{68}{21}$	$\frac{7}{21}$	$\frac{30}{19}$	$\frac{1}{15}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{14}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{20}{15}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{3,5}{3}$	$\frac{7,3}{3}$	$\frac{0,15}{1}$	$\frac{0,015}{1}$	
Диориты	$\frac{63}{39}$	$\frac{10}{37}$	$\frac{30}{31}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{18}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{10}{16}$	$\frac{1}{18}$	$\frac{2,0}{1}$	$\frac{8,0}{1}$	$\frac{0,15}{1}$	$\frac{0,25}{3}$	
Среднее	$\frac{70}{140}$	$\frac{8}{135}$	$\frac{30}{111}$	$\frac{1}{89}$	$\frac{1}{52}$	$\frac{1}{70}$	$\frac{1}{91}$	$\frac{20}{77}$	$\frac{1}{30}$	$\frac{4,0}{13}$	$\frac{10,2}{16}$	$\frac{0,15}{6}$	$\frac{0,18}{14}$	$\frac{0,016}{2}$

Примечание. В числителе — среднее содержание, в знаменателе — количество проб.

тонкодисперсное субмикроскопическое золото, укрупняющееся при нагревании. Дальнейшее изучение распределения никеля и кобальта в пирите и их соотношений, возможно, окажется перспективным (Великоборец, Лукьяненко, 1970 и др., Cambel, Iarkovsky, 1966; Loftus-Hills, Solomon, 1967).

В алмалыкских рудах пирит находится в виде прожилков как мономинеральных мощностью от 0,5 мм до 4—5 см, в среднем 2—3 мм, так и в сопровождении жильного кварца, реже ангидрита и еще реже хлорита и карбонатов мощностью от 2 мм до 20—30 см, чаще до 1—2 см. Падение прожилков, как правило, крутое. Повсеместно фиксируется вкрапленность пирита во всех без исключения породах месторождений. Минерал встречается в виде зерен округлой или неправильной формы,

Таблица 34

Распределение элементов-примесей в концентратах пирита из руд, приуроченных к различным вмещающим породам Кальмакыра

Порода	Se	Ge	Ni	Co	CO/Ni	Примерное распределение руд в породах, %
Диорит	$\frac{61}{11}$	$\frac{5,0}{11}$	$\frac{100}{11}$	$\frac{330}{11}$	3,3	15
Сиенито-диорит	$\frac{61}{47}$	$\frac{6}{47}$	$\frac{121}{49}$	$\frac{456}{49}$	3,8	70
Гранодиорит-порфир	$\frac{85}{3}$	$\frac{2,0}{3}$	$\frac{77}{3}$	$\frac{247}{3}$	3,2	5
Кварцевый порфир	$\frac{70}{17}$	$\frac{1,0}{17}$	$\frac{108}{18}$	$\frac{270}{18}$	2,5	10
Средневзвешенное	$\frac{63}{78}$	$\frac{5,1}{78}$	$\frac{114,3}{81}$	$\frac{408}{81}$	3,6	100

Примечание. В числителе — содержание, г/т; в знаменателе — число анализов.



иногда в виде правильных кристаллов кубического габитуса. Размер зерен варьирует от 0,05 до 5 мм, наиболее обычны 0,1—0,5 мм. Соотношение между прожилковым и вкрапленным пиритом в рудах отчетливо склоняется в пользу последнего. Довольно часто вкрапленность пирита приурочена к разложенным темноцветным компонентам породы. Пирит в виде мелкой вкрапленности и тонких прожилков постоянно и в заметных количествах присутствует в пропицитизированных диоритах, сиенито-диоритах и серицитовых кварцитах.

Диагностика минералов, помимо макроскопических определений, подтверждена также минераграфическими методами, химическими, спектральными и рентгенометрическими анализами.

Характерной особенностью прожилкового и в меньшей мере вкрапленного пирита, по материалам И. М. Голованова, является его катаклатическая структура, отчетливо прослеживающаяся в подавляющем большинстве аншлифов. Зерна пирита обычно раздроблены и разбиты густой сетью мелких трещин, залеченных более поздними сульфидами и жильными минералами. Это имеет особое значение для локализации важнейшего минерала месторождения — халькопирита, обнаруживаемого в переменных количествах почти во всех зернах пирита, где он замещает пирит по сети многочисленных трещин и периферии зерен. Катаклаз пирита способствует замещению его халькопиритом, заимствующим железо из пирита.

Отложение основной массы пирита происходило, по всей вероятности, в одну стадию. Материалы изучения парагенетических взаимоотношений пирита с другими рудными минералами в керне скважин, полированных штуфах и шлифах показывают, что он отлагался отчетливо позже магнетита и молибденита, и раньше халькопирита и сфалерита. Обобщенный ряд последовательности образования рудных минералов имеет такой вид: магнетит — ильменит — рутил — пирротин — пирит — арсенопирит — молибденит — золото — пирит — халькопирит — гематит — мушкетовит — сфалерит — галенит — блеклая руда — золото — теллуриды золота и серебра.

По наблюдениям Н. К. Губановой и И. М. Голованова, на фланговой зоне Кальмакырского месторождения (Восточно-Гольдуранская площадь) в аншлифах отчетливо выделяются две генерации пирита — катаклазированный пирит и колломорфный, типа мельниковит-пирита.

Пирит I (более ранний) представлен идиоморфными и гипидиоморфными образованиями. Отражательная способность его намного выше халькопирита, микротвердость составляет 1290 кг/мм<sup>2</sup>, изотропный. Характерным является катаклаз пирита и последующее его замещение пиритом II и халькопиритом. Пирит II по времени отложения следует за пиритом I и представляет собой колломорфные образования, центральная часть которых выполнена кварцем. Отражательная способность колломорфного пирита визуальна чуть выше, чем у халькопирита.

**В о л ь ф р а м и т.** В пределах Алмалыкского рудного района вольфрамит присутствует в рудопроявлении Балыкты медное.

Вольфрамит найден И. М. Головановым и Н. К. Губановой (1971) во фланговой зоне штокверковых рудных тел в нижней части месторождения Кальмакыр, в пределах Восточно-Гольдуранской площади, в керне скважины на глубине более 500 м. Вольфрамит встречен в кварцево-ангидрит-пиритовых прожилках мощностью 4—7 см, рассекающих пропицитизированные и серицитизированные сиенито-диориты Алмалыкского массива С<sub>1-2</sub>. На участке, где обнаружен минерал, широко распространены пиритовые и магнетитовые прожилки и гнезда и слабо развита халькопиритовая минерализация.

Вольфрамит встречается в виде удлиненных и клиновидных кристаллов размером до 1,5 см по [010] и до 2—3 мм по [100] и их сростков и скоплений с нечеткой штриховкой. Изредка фиксируются двойники срастания по [100]. Спайность совершенная. Микротвердость — 412 кг/мм<sup>2</sup> в сечении по [010] — укладывается в пределы микротвердости ферберита (Лебедева, 1963). Цвет минерала черный, блеск смолистый, цвет порошка черный с коричневатым оттенком. Слабо магнитен, что приближает его к фербериту. В прозрачных шлифах не просвечивает, лишь в тонких краях зерен имеет буроватую окраску. В аншлифах серый, с невысокой отражательной способностью и почти незаметным двуотражением, отчетливой анизотропией и косым угасанием, характерны внутренние рефлексы коричневого цвета.

Химический анализ вольфрамита, % : FeO—15,00; MnO—4,80; WO<sub>3</sub>—74,00; CaO—3,42; SO<sub>3</sub>—1,40; нер. ост.—1,60; сумма—100,22 (химлаборатория ИГиГ АН УзССР, аналитики А. Н. Хан и Г. В. Базарбаева). Приближенно-количественным спектральным анализом (ЦЛ МГ УзССР) в минерале обнаружены примеси, % : кальций 0,7; магний и кремний по 0,3; титан—0,03; алюминий—0,007 и медь—0,003. Присутствие кальция объясняется примесью шеелита и ангидрита, магний и титан находятся, по-видимому, в виде изоморфной примеси к железу; кремний, алюминий и медь—в виде собственных минералов. Рентгенограмма минерала сходна с таковой эталона ферберита. Следовательно, данные анализов определяют минерал как существенно железистый вольфрамит—ферберит.

Наблюдения в шлифах свидетельствуют о том, что ферберит находится в парагенезисе с шеелитом, который в незначительных количест-

Таблица 35

Результаты определения микротвердости магнетитов Алмалыкских медно-порфировых месторождений (прибор ПМТ-3, нагрузка 100 г)

Месторождение	Номер аншлифа	Пределы значений микротвердости, Н кг/мм <sup>2</sup>	Среднее арифметическое Н кг/мм <sup>2</sup>
Кальмакыр	3093-Бк	504,0—593	548,0
	3099-Бк	519,8—614	555,0
	3105-Бк	519,8—593	551,0
	3116-Бк	519,8—572	544,0
	3223-Бк	537,0—614	566,0
	3128-Мк	537,2—614	574,0
Дальнее	3168-Дл	504,0—635	558,0
	3254-Дл	489,0—572	530,0
	3271-Дл	519,8—593	555,0
	3286-Дл	519,7—593	553,0

вах замещает его, развиваясь по краям зерен и по сети трещин в ферберите. Несколько позже шло отложение пирита, располагающегося в интерстициях идиоморфных кристаллов ферберита и замещающего последний. Затем выпадал кварц, после дробления кварца разъедающий и замещающий его ангидрит. Таким образом, последовательность выпадения минералов (от раннего к позднему) следующая: ферберит—шеелит—пирит—кварц—ангидрит.

Находки вольфрамита в собственно вольфрамовых месторождениях, где имеются и другие минералы вольфрама (шеелит), нередко приурочены к участкам с широким развитием минералов железа и особенно

магнетита. Присутствие вольфрамита в Кальмакыре в метасоматически измененных сиенито-диоритах с большим количеством железосодержащих минералов — амфибола, эпидота, хлорита, магнетита и пирита — в среде, отличающейся значительным преобладанием железа над кальцием и особенно марганцем, подтверждает это положение.

**Магнетит.** Формы выделения минерала отличаются большим разнообразием — вкрапленность, гнезда, прожилки, различной формы скопления. Физические свойства обычны. Средние значения микротвердости магнетитов Кальмакыра и Дальнего (табл. 35) довольно близки, но величина этих значений испытывает заметные колебания — от 489 до 614 кг/мм<sup>2</sup>.

В. И. Синяковым (1966) изучена анизотропия твердости II рода для кристаллов магнетита. Наибольшая твердость характерна для граней [100], наименьшая для [111] и [110], коэффициент анизотропии составляет 1,12—1,18.

В аншлифах магнетит сиреневато-коричневый с низкой отражательной способностью, высоким рельефом, плохо полируется, образует изометричные и округлые интенсивно катаклазированные и корродированные зерна. Содержит включения апатита, ильменита, амфибола и других минералов, весьма охотно замещается пиритом и халькопиритом.

В химическом составе магнетита (табл. 36) отмечены обычные для этого минерала примеси: алюминий, марганец, магний, титан.

Таблица 36  
Содержание примесей в магнетите. %

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Cl	As	~	Сумма
64,52	27,05	2,60	0,25	0,30	0,03	0,72	3,60	0,18	0,05	0,74	100,04
64,92	30,42	0,98	—	0,60	—	0,33	0,82	—	—	1,23	99,70

В магнетитах Кальмакыра и Дальнего содержится, г/т: селен — 1—5, индий — 0—1, галлий — 15—30, висмут — до 30, золото — 0—1, серебро — 5—20 (по данным А. Ф. Зайченко, С. Т. Бадалова и И. М. Голованова).

Магнетит — характерный аксессуарный минерал. Он широко распространен в интрузивных породах Карамазара, в отличие от аналогичных образований Западного Узбекистана, в которых этот минерал присутствует в виде незначительной примеси (Хамрабаев, 1969; Рабинович, Бадалов, 1969).

В медно-порфировых месторождениях Алмалыкского рудного района магнетит находится, как правило, в виде вкрапленности, ассоциирующейся с темноцветными минералами измененных изверженных пород, реже в виде жил и прожилков. Обычными элементами-примесями магнетитов являются магний, титан, марганец, медь и ванадий; несколько реже отмечаются цинк, свинец, никель, серебро. Особый интерес представляет присутствие меди в значительных количествах (от десятых долей до 1%) почти во всех магнетитах. Наличие магния, марганца, ванадия и титана, вероятнее всего, связано с высвобождением их из минералов изверженных пород при гидротермальном изменении (Бадалов, 1965). Образование самого магнетита особенно в ранних стадиях рудных процессов также обусловлено высвобождением железа из темноцветных минералов при процессах гидротермального изменения. Некоторый интерес может представлять наличие магния, содержание которого может служить индикатором глубинности оруденения.

В месторождениях района выделяется семь минеральных парагенезисов с магнетитом (Бадалова, Бадалов, Голованов, 1960), из которых четыре эндогенные. 1. Магнетит как акцессорный минерал изверженных горных пород. В алмалыкских диоритах он содержит 450 г/т меди и в сиенито-диоритах — 326, что в 8—10 раз больше, чем в гранитоидах Карамазара и Западного Узбекистана (Рабинович, Бадалов, 1971). 2. Магнетит, приуроченный к скарновым образованиям, — один из завершающих минералов этапа. Из элементов-примесей в нем отмечаются молибден и медь. 3. Вкрапленный магнетит в хлоритизированной изверженной породе. При этом магнетит образуется за счет высвобождавшегося железа при изменении темноцветных минералов — амфибола и биотита. Во вкрапленном магнетите обычно присутствуют включения пирита и халькопирита. Развиваются они в интерстициях зерен магнетита в ассоциации с кварцем. 4. Магнетит жильный, совместно с молибденитом и халькопиритом относится к собственно рудному процессу и содержит характерные для данного этапа элементы-примеси. К этому же типу относится магнетит полосчатой текстуры во вторичных кварцитах.

Среди прожилкового магнетита выделяются две ассоциации. Первая из них встречается совместно с хлоритом и карбонатами в виде тонких прожилков в зонах интенсивной трещиноватости, но нигде не образует значительных скоплений. Вторая ассоциация — с кварцем — установлена в виде сети тонких прожилков. Отложение данного типа магнетита шло главным образом в стадию интенсивного окварцевания пород. Иногда кварц сечет магнетит и цементирует катаклазированные его агрегаты. Но чаще магнетит сечет кварцевые жилы, развиваясь по периферии или в центре жил. Сульфиды (халькопирит и пирит) в магнетите данной ассоциации приурочены к пустотам и трещинам в виде тонких прожилков. В магнетите этих жил спектральным методом определяется цинк — до десятых долей процента. Однако в полированных шлифах сфалерит и франклинит в магнетите не обнаружены. Очевидно цинк изоморфно замещает железо в магнетите.

Магнетит имеет большое значение для развития рудного процесса. Он весьма охотно замещается пиритом и халькопиритом. По наблюдениям И. М. Голованова, нередко в сплошных массах пирита и халькопиритовых прожилках заметны реликты почти полностью замещенного магнетита или же сохранившиеся остатки характерной ильменитовой «решетки» и ориентированных включений апатита, облик которых не оставляет сомнений в их былой принадлежности к магнетиту. Таким образом, одной из типоморфных особенностей вкрапленного пирита и халькопирита Алмалыка являются унаследованные включения реликтов замещенного магнетита или включенных в него минералов.

Отметим, что присутствие вкрапленного и прожилкового магнетита ореол распространения которого примерно совпадает с ореолом оруденелых зон вокруг штоков гранодиорит-порфиров в Алмалыкском рудном поле, используется при поисках медно-молибденового оруденения способом магнитометрии (Вольфсон, Гарьковец, Хваловский, 1964).

В Алмалыкском районе рудные зоны фиксируются по наличию внутри зон повышенной магнитности отдельных участков с пониженной магнитностью. Понижение магнитности связано с гипергенными процессами зоны окисления медно-молибденовых месторождений, так как окисляющиеся сульфиды (пирит, халькопирит, молибденит) создают условия для перехода магнетита в немагнитный мартит (гематит) в поверхностных условиях. Глубина такой мартитизации магнетита может достигать десятков и сотен метров.

Мушкетовит встречается довольно часто в центральной части Большого Кальмакыра и на участке Джаныбек. Здесь скопления мушкетовита, наблюдаемые в аншлифах, состоят из пластинчатых и шестоватых зерен, образующих иногда радиально-лучистые агрегаты. Развивается минерал в пустотах или по трещинам пирита, частично замещая его. Таким образом, по времени образования мушкетовит более поздний минерал, чем пирит. Мушкетовит отчетливо диагностируется по своим оптическим свойствам и сильной магнитности.

Молибденит. Являясь важнейшим минералом молибдена в Алмалыкских месторождениях, молибденит, тем не менее, имеет небольшое распространение. Он редко образует заметные скопления, чаще всего отмечаемые в Сарычеку, реже на Кальмакыре и совсем редко на Дальнем.

Дальнее — месторождение с самым малым эрозивным срезом, поэтому уменьшение количества молибденита относительно раннего и более глубинного минерала согласуется с этим положением.

Минерал находится в кварцевых, кварц-ангидрит-пиритовых и кварц-пирит-халькопиритовых прожилках мощностью 0,5—10,0 см в виде мелких тонколистоватых выделений, тяготеющих к призальбандовой части прожилка, редко в виде гнезд и розеток до 1 см в поперечнике. Встречены и мономинеральные прожилки молибденита, очень тонкие (0,5—0,1 мм) и прерывистые, рассекающие прожилки кварца и вмещающую породу. В подобных трещинах минерал находится в виде прима-

Таблица 37

Содержание элементов примесей в молибденитах из месторождений Алмалыкского района по данным химического анализа, г/т

Месторождение	Re	Se	Te	Au	Ag
Дальнее	657 (1)	150 (1)	30 (1)	Сл. (1)	25 (1)
Кальмакыр	1500 (24)	140 (8)	40 (5)	2 (1)	40 (1)
Сарычеку	600 (12)	130 (13)	10 (7)	Сл. (1)	10 (1)
Умбетты	255 (2)	100 (1)	10 (1)	—	—

Примечание. В скобках указано количество проб.

зок и перетертых скоплений. Нередко чешуйки и гнезда молибденита, ориентированные в определенном направлении, приурочиваются к тем или иным системам трещин. Иногда листочки распределяются, приспосабливаясь к интерстициям зерен кварца. Реже молибденит встречается в ассоциации с карбонатом и ангидритом. Форма зерен чаще всего таблитчатая, размер 0,05—0,12 мм, редко до 1 мм.

Присутствие подавляющего большинства элементов-примесей, (Cu, Ag, Pb, Mn, Fe), обнаруженных в молибдените (табл. 37), объясняется неполной чистотой его отбора и загрязнением другими минералами. Высокое содержание кремния обусловлено тесной ассоциацией молибденита с кварцем. Характерно отсутствие никеля и кобальта.

Из молибденового концентрата алмалыкских месторождений следует извлекать рений, селен и теллур. По содержанию рения в среднем на месторождении молибдениты Кальмакыра являются одними из богатейших в мире (Бадалов, 1965). Содержание рения в молибдените почти в 15 раз превышает его минеральный кларк (Иванов, 1969; Иванов и др., 1969).

Молибденит — один из наиболее ранних сульфидных минералов. Молибденитовые прожилки обычно секут магнетитовые, а сами пересекаются пиритовыми. Однако установлены случаи более позднего образования молибденита по отношению к пириту.

Сфалерит — сравнительно распространенный минерал медно-порфировых месторождений района. Частота встречаемости жил и прожилков со сфалеритом уменьшается от руд месторождения Сарычеку к Дальнему и затем к Кальмакыру. На первых двух месторождениях нередки значительные интервалы (по керну скважин и горным выработкам) с кондиционным свинцово-цинковым оруденением.

В рудах сфалерит встречен в нескольких минеральных парагенезисах: 1) кварц-магнетит-гематит-сфалерит, 2) кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит, 3) кварц-ангидрит-сфалерит-галенит-кальцит-барит и 4) сфалерит с редкими обособлениями галенита. Мощность жил и прожилков со сфалеритом изменяется от 0,1 мм до 0,5 м. В собственно халькопиритовых жилах сфалерит находится в виде эмульсионной вкрапленности. По вертикали сфалерит обычно прослеживается до 600 м. Размеры зерен сфалерита колеблются в значительных пределах — от тончайшей вкрапленности (0,00х мм) до 2—3, а иногда 10—15 мм. В сфалерите, как правило, отмечается тонкая вкрапленность халькопирита.

Из элементов-примесей в сфалеритах наибольший интерес могут представлять индий, кадмий, серебро, висмут и галлий (табл. 38).

Таблица 38  
Распределение элементов-примесей в сфалеритах, г/т

Место-рождение	Cd	In	Ga	Au	Ag	Se	Te	Tl	Bi	Pd
Сарычеку	2500 (3)	13 (2)	10 (2)					—(2)		
Кальмакыр	2000 (18)	75 (12)	13 (20)	2 (4)	110 (4)	6 (9)	13 (12)	4 (6)	25 (6)	0,003 (1)
Дальнее	1440 (2)	81 (4)	1,2 (1)	—(4)	50 (4)	3 (4)	7 (4)	0,2 (4)	15 (2)	0,07 (1)
Умбетты	800 (1)	2400 (2)	1 (1)							

Примечание. В скобках показано количество анализов.

Нахождение цинка в форме сфалерита в рудах медно-порфировых месторождений повышает их ценность, так как при получении коллективного сульфидного концентрата из него можно получить селективный цинковый концентрат, количество которого в общем балансе полезных компонентов руд весьма значительно.

Специальные детальные исследования по изучению распределения цинка (в форме сфалерита он составляет не менее 85—90% от общего его количества в рудах), к сожалению, до настоящего времени не проводились. Возможно, следует оконтурить наиболее обогащенные сфалеритом рудные зоны с тем, чтобы при их обогащении получать отдельные цинковые и свинцовые концентраты, поскольку сфалерит-галенитовые жилы и прожилки располагаются, как правило, в пределах зон с медным и молибденовым оруденениями.

Галенит встречается как в виде отдельных жил и прожилков со сфалеритом, так и в форме тончайшей вкрапленности в рудах Кальмакыра и особенно Дальнего и Сарычеку. В пределах месторождений нередко находятся почти мономинеральные (с примесью сфалерита и пирита, реже халькопирита и блеклой руды) жилы галенита мощностью до 10—20 см. Минерал обычно распространяется на глубину не

более 500—600 м от поверхности. Частота встречаемости галенита примерно отвечает сфалериту. Галенит в рудах отмечен в таких парагенезисах: 1) кварц-ангидрит-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит, 2) кварц-ангидрит-сфалерит-галенит-кальцит; 3) барит-галенит и 4) мономинеральные галенитовые жилы и прожилки. По величине выделения галенита варьируют от тончайшей эмульсионной вкрапленности в халькопирите и сфалерите до значительных (до 20 см) обособлений в виде жил.

Из установленных в галенитах элементов-примесей (табл. 39) заслуживают внимания серебро, золото, селен, теллур, висмут, индий и, возможно, рений. При получении свинцового концентрата они могут представлять практический интерес. Учитывая, что более 95% свинца, находящегося в рудах рассматриваемых месторождений, представлено галенитом, как правило, в виде обособленных выделений, следует полагать, что его извлечение из руд (при получении коллективного сульфидного концентрата) не представит особых трудностей.

Таблица 39

Распределение элементов-примесей в галенитах, г/т

Место-рождение	Au	Ag	Se	Te	Bi	In	Hg	Tl	Re
Кальмакыр	8,5 (6)	528 (6)	60 (8)	28 (7)	330 (4)	4,2 (10)	13 (2)	0,5 (8)	3,4 (1)
Дальнее	—(2)	163 (1)	550 (1)	81 (1)	1850 (2)	38 (3)		—(2)	

Тетрадимит обнаружен на месторождении Дальнем в кварц-пиритовой жиле, в керне скв. 207 на глубине 207 м и описан И. М. Головановым и З. В. Алехиной (при консультации Ю. М. Коршуновой). Жила состоит из кварца (80%) и рудных минералов (20%), из которых около 15% составляет пирит, около 1% — тетрадимит и примерно 0,3% — включения халькопирита, гематита, марказита, магнетита, блеклой руды, пирротина, сфалерита, рутила и теллуrowисмутита.

Тетрадимит встречается в кварце и пирите. В кварце — в виде самостоятельных выделений и в сростании с халькопиритом, который он, по-видимому, замещает. Граничит с пиритом, где образует выделения неправильной формы, не превышающие десятые доли миллиметра. Минерал серовато-белый со слабым желтоватым оттенком, анизотропный, двуотражение заметное, мягкий. Отражательная способность немного меньше, чем у пирита. Спектральным анализом установлены, %: более 1 — Bi, Fe; 0,х — Pb, Cu, Ag; 0,0х — Mg, Si и 0,00х — Al, Fe, Ti. Микротвердость минерала 46,0—99,1 кг/мм<sup>2</sup>, средняя микротвердость 73 кг/мм<sup>2</sup> в сечении, предположительно параллельном удлинению.

Тетрадимит содержит мелкие (сотые доли миллиметра) единичные включения теллуrowисмутита с отражательной способностью, близкой к галениту. Минерал этот серого цвета с голубоватым оттенком, мягкий. Рентгенограмма тетрадимита соответствует эталону. Тетрадимит, наряду с самородным золотом, является характерным минералом золотоносного кварц-карбонатно-полисульфидного парагенезиса, наложенного на более раннюю пирит-молибденит-халькопиритовую минеральную ассоциацию с рассеянным ранним золотом. Присутствие этого минерала, по-видимому, может объяснять форму нахождения висмута, присутствующего в алмалякских медно-порфиновых рудах в заметных количествах.

## МИНЕРАЛЫ ЗОЛОТА

В Алмалыкском рудном районе известны самородное золото, сильванит и минерал из группы креннерит-калаверита.

Золото в рудных месторождениях Алмалыка — сравнительно редкий минерал. В самородном виде золото известно в месторождениях Сарта-Буткан, Кургашинкан, Кальмакыр, Накпай, Балыкты.

Распределение золота в минералах из рудных месторождений Алмалыкского рудного поля следующее:

1) в халькопиритах из медно-молибденовых месторождений содержание золота изменяется от 6 до 48 г/т, в халькопиритах из полиметаллических руд оно достигает лишь 1 г/т;

2) в полиметаллической руде количество золота очень незначительное (до 1 г/т), но в галенит-сфалеритовых прожилках из медно-молибденовых месторождений оно составляет 20—30 г/т;

3) пириты почти всех типов содержат небольшие (до 1 г/т) количества золота, за исключением одной генерации, в которой содержание золота достигает 4—8 и даже 10—15 г/т.

В генетическом отношении все золото Алмалыка можно подразделить на несколько типов, которые представляются в следующей возрастной последовательности (от ранних к более поздним): 1) золото, приуроченное к магнетиту из кварцево-пиритовых жил; 2) золото в прожилках кварц-молибденового состава с небольшим количеством пирита и халькопирита; 3) золото, находящееся в халькопирите (основная масса золота района); 4) золото из кварц-гематитовых жил; 5) золото в отдельных полиметаллических жилах, в которых оно приурочено к галениту и реже к халькопириту; 6) золото в кварце из кварцево-пиритовых жил района; 7) золото в собственно кварцевых жилах; 8) золото из полиметаллических рудных прожилков с гельвином; 9) золото в блеклой руде из медноколчеданного рудного тела и 10) золото в кальцитовых прожилках Кургашинкана. В зоне окисления месторождения Сарта-Буткан золото представлено в виде мельчайших вытянутых трубчатых и пластинчатых образований.

Размеры золотинок обычно измеряются в сотых долях миллиметра, но встречаются отдельные включения длиной около 0,2 мм (в галените) и более 1—2 и даже 3 мм — в центральных частях кальцитовых прожилков.

Самородное золото на Кальмакыре устанавливается во многих образцах, где оно представлено в виде мелких, изометрических, реже вытянутых зерен в халькопирите размером от 0,001 до 0,03—0,05 мм. Отмечались также случаи нахождения самородного золота в кварце, магнетите и пирите.

Пробность золота из месторождения Кальмакыр составляет 800—900 (в среднем около 850). Значение пробности меняется в зависимости от многих факторов (Бадалова, Бадалов, 1964) — сульфидности, отношения золота к сульфидам по времени их отложения, концентрации золота в растворах, наличия минералов-носителей или концентраторов и др.

Сильванит встречен в собственно золоторудном этапе, подразделяющемся на три стадии: 1) полиметаллическую с золотом, 2) кварцево-кальцитовую с золотом и 3) медноколчеданную с сильванитом (Бадалов, 1958).

Сильванит найден в одном из массивных медноколчеданных линзовидных тел, расположенных во внутрирудном Центральном разломе. Тело подсечено вертикальной скважиной на протяжении почти 40 м при



длине по простиранию 100—150 м. Средний химический состав этого тела по данным опробования скважины следующий, %: железо — 35, медь — 1,68, свинец — 0,66, сурьма — 0,21, мышьяк — 0,26 и серебро — 55 г/т, что отвечает такому минералогическому составу (с учетом минерографических исследований руды); %: пирит — 68, халькопирит — 3, галенит — 0,75, блеклая руда — 3 и кварц — 25.

Блеклая руда, отлагающаяся последней среди рудных минералов, имеет весьма сложный состав, позволяющий отнести ее к занбергиту (цинкосодержащая разновидность). Из включений в минерале следует особо отметить сильванит. Сильванит встречается только в блеклой руде, размеры его включений не превышают 0,05—0,1 мм. Сравнительное минерографическое изучение минерала и эталонного сильванита показало большое сходство между ними. Цвет минерала слегка кремовый, твердость очень низкая — около 1,5, рельеф резко отрицательный, присутствуют пластинчатые двойники. Удлиненные выделения сильванита располагаются в виде цепочек, что вообще характерно для данного минерала (Волынский, 1949). На возможное присутствие в блеклой руде теллурида золота указывают такие данные: 1) пробирный анализ блеклой руды показал содержание в ней 10 г/т золота при отсутствии видимого самородного золота (при максимальных увеличениях) и 2) спектральным методом в блеклой руде установлены теллур и золото.

Образование сильванита свидетельствует о завершении рудоотложения в данной стадии. При этом в присутствии теллура золото концентрируется вместе с серебром. Для парагенезиса сильванита в медно-колчеданных телах наиболее характерна блеклая руда сложного состава при наличии кристаллов кварца с белой «рубашкой». В нашем случае она может служить геохимическим показателем первоначального состава рудного раствора.

Креннерит-калаверит. Минерал из группы креннерита-калаверита на месторождении Кальмакыр установлен и описан С. Р. Руматовым (1961). Он отмечается в виде неправильных обособленных выделений или в сростках с гесситом. Выделения его очень мелкие — от 0,00х до 0,0х мм. Иногда он образует микропрожилки в других рудных минералах. Цвет минерала в сравнении с пиритом и халькопиритом белый. Отражательная способность — от 55 до 60%. Минерал оптически анизотропный, со слабым двуотражением, очень мягкий, в связи с чем имеет резко отрицательный рельеф. Микротвердость от 88 до 141 кг/мм<sup>2</sup>. Данный минерал, отвечающий по своим свойствам группе креннерита-калаверита, распространен значительно шире, чем гессит и встречается в ассоциации с ним.

Никелистые разновидности сафлорита и кобальтина установлены А. Турсебековым в 1971 г. на месторождении Дальнее (скв. 254, глубина 487—495 м) в кварц-хлорит-кальцит-флюорит-пиритовом прожилке мощностью 2 см. Минералы слагают основную массу прожилка, образуя выделения неправильной формы; они ассоциируют с яритом и халькопиритом. Оба минерала изучены всеми доступными методами исследования — спектральным, оптическим, химическим, рентгенометрическим и на микроанализаторе «Камека».

Составы никелистого кобальтина и сафлорита соответственно следующие, %: железа — 3,2, и 2,8; кобальта — 19,30 и 28,90; никеля — 7,3 и 15,0; мышьяка — 66,8 и 38,9; серы — 3,0 и 18,3. Нахождение этих минералов на месторождении Дальнее объясняется резко повышенными, по сравнению с месторождением Кальмакыр, содержаниями в пиритах и халькопиритах никеля и особенно кобальта. Наиболее высокие (более

1100 г/т) содержания кобальта устанавливаются в пиритах из диоритовых пород, тогда как в пиритах из сенинто-диоритов оно уменьшается до 210 г/т.

### Геохимические особенности месторождений

Кроме железа, меди, молибдена и серы — главных компонентов, — в рудах месторождений района находится большой комплекс весьма ценных элементов — золото, серебро, рений, селен, теллур, висмут, индий, кадмий, кобальт, сурьма, палладий, платина, а также свинец и цинк. Ценность этих элементов более чем в два раза превышает ценность меди в руде. Особое значение имеет приуроченность почти всех указанных редких элементов к главным рудным минералам — пириту, халькопириту и молибдениту.

Выявление и детальное изучение всего комплекса редких элементов с установлением закономерностей распределения и возможных форм нахождения позволило поставить вопрос о целесообразности их извлечения из руд в процессе получения концентратов и последующей обработки пиро- и гидрометаллургическими методами. Данный комплекс ценнейших элементов по своей геохимической и экономической значимости является уникальным.

**Медь.** В Алмалыкском рудном районе, включающем многочисленные месторождения меди, молибдена, свинца, цинка и золота, ведущая роль безусловно принадлежит меди. Месторождения меди являются самыми крупными в Средней Азии, а количество рудопроявлений преобладает над всеми остальными вместе взятыми (Уклонский, 1948).

Содержания самого элемента в породах (табл. 40) также указывают на преобладающую роль меди в металлогении района. Столь широкое распространение меди позволяет выделить Алмалыкский район в специфическую медную провинцию Средней Азии.

Распределение меди в породах и рудных месторождениях, закономерности ее поведения во времени и пространстве в петрогенном и рудном процессах определяются многими факторами, главнейшие из которых тектонический, структурный, литологический, магматический и геохимический (Голованов, 1970; Серых, 1963).

Геохимический фактор включает в себя первично-конституциональное распределение меди в породах, поведение ее в эндогенном процессе и взаимоотношения с другими элементами. Результаты анализа валовых содержаний меди в породах района показали, что распределение ее в интрузивных и вулканогенно-осадочных породах различно.

В интрузивных породах каледонского комплекса содержания меди ниже средних и составляют 0,5—0,7 кларка, в герцинском — находятся в пределах кларка или выше его. При изменениях пород в каледонском и герцинском комплексах содержания меди увеличиваются.

Так, в гранодиорит-порфирах калканатинского типа в неизменных разностях содержится 12 г/т меди; т. е. примерно 0,5 кларка для этого типа пород. При метасоматических процессах содержание меди в гранодиорит-порфирах возрастает до 500 г/т, что равно 25 кларкам. Такое резкое увеличение содержания объясняется прежде всего широко проявленным метаморфизмом этих пород и притоком рудного вещества в герцинское время на этапе рудного процесса.

В герцинском комплексе повышенные содержания меди отмечаются в диоритах и сенинто-диоритах  $S_2$  и гранодиорит-порфирах. С учетом данных минералогического состава пород района (табл. 41) подсчитаны балансы элементов в породах. В диоритах содержание меди в первич-

Содержания меди, молибдена ( $g/m$ ) и соотношение их с петрогенными элементами

Порода	Cu	Mo	Ca	Mg	Fe <sup>3+</sup>	K	Ca/Cu	Mg+Fe <sup>3+</sup>	
								Cu	K/Mo
Метаморфические сланцы O—S	45,2	0,5	16000	21000	10000	22000	354,0	685,8	44000
Биотитовые граниты S—D <sub>1</sub>	9,2	9,6	17000	8000	7000	30000	1847,8	1630,4	3125
Аляскиты S—D <sub>1</sub>	15,1	4,1	6000	4000	4000	42000	397,4	529,8	10243,9
Андезитовые порфиры	40,7	5,7	13000	22000	22000	32000	319,4	1081,1	5614,0
Кварцевые порфиры	22,0	1,8	12000	7000	16000	45000	545,4	1045,4	25000
Андезито-дацитовые порфиры	40,5	2,5	13000	20000	16000	33000	321,0	888,9	13200
Сиенито-диориты (алмалык. тип)	50,0	4,9	39000	23000	33000	46000	780,0	1120,0	9388
Диориты	107,0	7,0	45000	40000	36000	20000	420,6	794,4	2859,1
Гранодиориты (кураминский тип)	29,9	1,1	32000	23000	31000	32000	1070,2	1806,0	29090,9
Гранодиориты (кызылсайский тип)	30,7	0,3	23000	15000	6000	30000	749,2	716,6	100000
Диабазовые и андезитовые порфириты минбулакской свиты C <sub>2</sub>	94,0	6,2	26000	15000	20000	34000	276,6	372,3	5487,1
Акчинская свита. Эффузивные породы I горизонта	11,9	0,4							
Субэффузивные аналоги I горизонта	31,5	8,6	34000	20000	24000	17000	1079,4	1396,8	1976,7
Субэффузивные аналоги II горизонта	23,8	2,3	32000	21000	25000	27000	1344,5	1932,8	11739,2
Гранодиорит-порфиры куюндинский тип	33,2	0,9	21000	17000	19000	36000	632,5	1054,2	40000
алмалыкский тип	28,2	15,5	18000	12000	22000	42000	638,3	1205,7	2709,7
джаныбекский тип	34,8	8,4	20000	10000	14000	45000	574,7	689,6	5357,1
Сиенито-диориты кварцесодержащие, м/з	34,5	10,6	24000	16000	20000	37000	695,6	1043,5	3490,6
Эффузивы надакской свиты	21,0	2,1	20000	13000	31000	30000	952,4	2095,2	14285,7
Субэффузивные аналоги надакской свиты	38,0	0,7							
Фельзиты, фельзит-порфиры C <sub>3</sub>	11,7	0,6	11000	8000	13000	61000	940,2	1794,9	101666,7
Эффузивы шурабсайской свиты	23,0	0,8	26000	13000	22000	30000	1130,4	1521,7	37500
Субэффузивные аналоги шурабсайской свиты	22,0	0,9	27000	13000	22000	30000	1227,3	1590,9	33333,3
Гранодиорит-порфиры (гушсайский тип)	35,3	0,0	26000	13000	26000	32000	736,5	1104,8	0
Гранодиорит-порфиры, лампрофиры (дайки)	37,0	2,1							
Дайки гранодиорит-порфиров (тип «черных»)	54,3	1,4	29000	28000	18000	31000	534,1	847,1	22142,8
Дайки Гранодиорит порфиров «амфиболовых»	25,7	1,2	24000	11000	12000	43000	933,8	894,9	35833,3

## Минералогический состав пород Алмалыкского района (по А. В. Рабиновичу, 1969), %

Порода	Плагиоклаз	Калишпат	Кварц	Биотит	Амфибол	Пироксен
Биотитовый гранит S—D <sub>1</sub>	25	40	30	5—7	—	—
Аляскит S—D <sub>1</sub>	10	50	38	2—3	—	—
Кварцевый порфир D <sub>1</sub> <sup>2</sup>	8	42	45	5	—	—
Гранит-порфир D <sub>1</sub> <sup>2</sup>	17	40	35	8	—	—
Андезито-дацитовый порфир D <sub>1</sub> <sup>3</sup>	40	30	25	5	8—10	2
Диорит C <sub>2</sub>	50	10	2—3	3	12	11
Сиенито-диорит C <sub>2</sub>	30	40	3—5	5—7	10	—
Гранодиорит						
кураминского типа C <sub>2</sub>	40—45	18—20	18—25	6—8	10	2
кызылсайского типа C <sub>2-3</sub>	40	25	25	2	8	—
Гранодиорит-порфир						
куюндинского типа C <sub>2-3</sub>	35	30	25	8	2	—
алмалыкского типа C <sub>2-3</sub>	30	45	19	3	2	—
джаныбекского типа C <sub>3</sub>	35	32	23	5	3	2
Гранодиорит-порфир «черный» C <sub>3</sub>	40	35	2—6	5	15	—
Кварцевый мелкозернистый сиенито-диорит	45	40	10		10	5

ных неизменных породах составляет 107 г/т, что в три раза превышает средние значения для этого типа пород. При изменении диоритов содержания меди еще более возрастают и составляют при средней степени изменения 898 г/т или 25 кларков, при сильной — 2031 г/т (примерно 60 кларков). На некоторых месторождениях эти показатели принимаются за бортовые содержания при промышленной обработке (Коунрад в Казахстане, Медет в БНР).

Некоторое повышение (до 1,5 кларков) содержания отмечено в сиенито-диоритах алмалыкских и гранодиорит-порфирах. Содержания меди в гранодиорит-порфирах куюндинского и алмалыкского типов невысокие, практически в пределах кларковых (33 и 28 г/т при кларке 20 г/т). Однако, если учесть пробы с содержаниями 100 г/т и более, не включенные в расчет и установленные в неизменных разностях пород, то в этом случае в гранодиорит-порфирах куюндинских они составляют 104,3 г/т или равны 5 кларкам, а в алмалыкских — 431 г/т или 21,5 кларка. Содержания меди в гранодиорит-порфирах джаныбекского типа с учетом богатых проб повышаются до 936 г/т или составляют 47 единиц кларка.

Приведенные данные подтверждают геохимическую связь всех трех типов гранодиорит-порфиров. Следовательно, учитывая их петрографическую близость, можно говорить о единстве глубинного магматического очага для этих типов.

По данным И. М. Голованова (1971), в андезитовых порфиритах D<sub>1</sub> содержится 80 г/т меди (среднее из 12 проб), в их пропилитизированных разностях — до 200—300 г/т, в покровных кварцевых порфирах и их туфах D<sub>1</sub><sup>2</sup>—38 г/т, в субвулканических и экструзивных — 60—90 г/т, в андезито-дацитовых порфирах D<sub>1</sub><sup>3</sup>—25 г/т.

Наиболее высокими содержаниями меди и молибдена отличаются биотито-роговообманковые сиенито-диориты, роговообманковые сиенито-диориты и диориты. В сиенитах, сиенит-порфирах количество меди понижается (табл. 42). Отчетливо понижено содержание меди в кварцевых

Содержание рудных элементов в минералах  
пород Алмалыкского района, г/т

Порода и минерал	Pb	Zn	Cu	Mo
Метаморфические сланцы 0—S	22,4	53,6	45,2	0,5
Биотит	27	175	100	Сл.
Биотитовые граниты $\gamma S-D_1$	28,5	35,2	9,2	9,6
Калишпат	—	20	4	H/o
Кварц	26	20	4	H/o
Биотит	—	540	6	H/o
Аляскиты $\gamma S D_1$	24,4	15,0	15,1	4,1
Плагиоклаз (1)	33	10	20	H/o
Калишпат (1)	—	16	Сл.	H/o
Кварц (5)	16	19	11	1
Биотит (2)	—	210	22	Сл.
Хлорит	—	111	25	—
Кварцевые порфиры $D_1^2$	27,5	25,7	85,1	1,8
Плагиоклаз (1)	49	24	Сл.	2
Калишпат (2)	56	41	70	1
Кварц (2)	46	32	6	1
Биотит	40	200	80	1
Гранит-порфир $D_1^2$	11,0	45,0	45,0	0,5
Калишпат	36	10	16	H/o
Биотит	—	—	44	—
Диориты $C_2$	59	225	107	7
Биотит	—	—	83	—
Полевые шпаты	—	—	43	—
Роговая обманка	—	—	62	—
Кварц	—	—	20	—
Сиенит-диориты $C_2$	45,1	48,0	50,0	4,9
Плагиоклаз (1)	52	54	60	Сл.
Калишпат (2)	56	27	34	2
Кварц (2)	—	40	7	2
Биотит	60	550	62	1
Амфибол	49	51	560	3
Гранодиориты Кураминские $\gamma \delta C_2$	35,6	43,0	29,0	1,1
Калишпат	—	20	H/o	H/o
Кварц	—	24	6	H/o
Биотит	27	175	56	Сл.
Амфибол	—	—	75	—
Гранодиориты кызылсайские $\gamma \delta C_{2-3}$	38,7	29,0	30,7	0,3
Плагиоклаз (1)	36	40	6	H/o
Калишпат (4)	49	14	—	—
Кварц (5)	25	19	4	1
Биотит (2)	50	170	32	1
Амфибол	70	130	20	1
Гранодиорит-порфиры куюндинского типа $\gamma \delta \mu C_3$	34,7	40,6	33,2	0,9
Плагиоклаз	89	40	10	H/o
Калишпат (2)	56	20	Сл.	1
Биотит	100	300	60	6
Амфибол	—	300	50	Сл.
Гранодиорит-порфиры алмалыкского типа $\gamma \delta \mu C_3$	41,6	39,5	28,2	15,5
Калишпат (8)	75	57	60	4
Гранодиорит-порфир джаныбекского типа $\gamma \delta \mu C_3$	41,7	44,0	34,8	8,4
Плагиоклаз	28	54	175	1
Калишпат (4)	75	32	148	1
Кварцевые мелкозернистые сиенито-диориты $C_3$	37,9	48,0	34,5	10,2
Калишпат	38	50	50	9

Продолжение табл. 42

Порода и минерал	Pb	Zn	Cu	Mo
Фельзит-порфир $C_3$	58,5	42,6	11,7	0,6
Биотит	—	400	10	8
Гранодиорит-порфир типа «черных»	31,0	71,0	54,3	1,4
Плаггиоклаз	21	30	Н/о	Сл.
Гранодиорит-порфиры гущайского типа $\gamma$ дл- $P_1$	25,2	41,4	35,3	—
Калишпат	20	100	30	10
Биотит	10	200	80	—

мелкозернистых сиенито-диоритах  $C_3$ , прорывающих эффузивы в Центральном блоке Алмалыкского района.

Из анализа данных табл. 43 можно сделать вывод, что наиболее высокое содержание золота присуще диоритам. Кларки концентрации рудогенных элементов в рудовмещающих породах Алмалыкского сиенито-диоритового массива по сравнению с общемировыми повышены в 2—10 раз. Аналогичная геохимическая и металлогеническая специализация на медь установлена для рудоносных гранодиоритов Топарского интрузивного комплекса в Северо-Восточном Прибалхашье, известном своими медными месторождениями. Имеющиеся по нашему району результаты анализов (более 150 проб) обработаны с применением методов математической статистики (вычислено среднее арифметическое, дисперсия, стандарт, асимметрия и эксцесс). Распределение рудных компонентов не противоречит логнормальному закону. Вычислены также парные коэффициенты корреляции. Наиболее высоким положительным значением парного коэффициента корреляции медь — железо отличаются диориты ( $r_{Cu, Fe} = +0,68$ ), далее следуют кварцевые мелкозернистые диориты  $C_3$  (+0,40) и гранодиорит-порфиры (+0,36).

В вулканогенно-осадочных породах содержания меди находятся в пределах кларковых или ниже их. Исключение составляют андезиты-

Таблица 43

Содержание меди и сопутствующих рудогенных и петрогенных элементов в породах Алмалыкского сиенито-диоритового массива

Порода	Кол-во проб	Fe, %	Ca, %	Cu, %	Mo, $\mu$ m	Au, $\mu$ m
Сиенито-диориты биотитороговообманковые $C_2$	57	7,12	3,47	90	2	0,005
Сиенито-диориты роговообманковые $C_2$	25	6,78	3,13	73	1	0,003
Диориты $C_2$	16	4,00	5,53	68	0,5	0,01
Сиениты кварцевые $C_2$	14	5,00	3,53	17	1	0,001
Кварцевые мелкозернистые сиенито-диориты $C_3$	14	5,18	3,13	25	0,5	0,005
Сиенит-порфиры $C_3$	16	4,13	1,86	25	1	0,001
Гранодиориты и гранодиорит-порфиры $C_3-P_1$	9	4,95	3,75	34	0,5	0,001

Примечание. Определение железа, кальция, меди выполнено Б. И. Злобиным спектрофотометрически на ДФС-13 в ГЕОХИ АН СССР определение молибдена и золота выполнено М. Я. Камцов количественным спектральным анализом в ИГиГ АН УзССР в ЦХЛ МГ УзССР.

дацитовые порфиры  $D_1^3$ , известняки  $D_2-D_3-C_1$ , диабазовые порфириты  $D_1$  минбулакской свиты и субэффузивные аналоги надакской свиты.

Повышенные содержания меди в известняках, возможно, связаны с сингенетичным ее накоплением, особенно в нижних горизонтах. В песчано-карбонатных, мергелистых разностях и в горизонте доломитов медь концентрируется в виде тончайшей вкрапленности и мелких прожилков халькопирита вместе с галенитом и сфалеритом. Обогащение медью и полиметаллами нижних частей разреза карбонатной толщи девона — характерная особенность описываемого и соседних с ним районов.

К верхним частям разреза карбонатной толщи девона и в нижнем карбоне содержание меди падает. В вулканогенных образованиях каледонского и герцинского комплексов обращает на себя внимание повышение содержания меди в субэффузивных образованиях и снижение в эффузивных.

В каледонском комплексе относительно повышенные содержания меди отмечены в андезитовых порфиритах  $D_1^1$  и андезито-дацитовых порфирах  $D_1^3$ . Эти породы по своим петрохимическим особенностям близки к основным, субщелочным разностям и, возможно, являются производными спилито-кератофировых магм. В этом случае изучение их представляет особый интерес для поисков колчеданного типа оруденения.

В диабазовых порфиритах минбулакской свиты содержания меди ниже кларковых, но они достаточно высоки в сравнении с другими типами пород района. Эти породы являются вулканогенными аналогами сиенито-диоритовых интрузий и близки к ним по возрасту и петрохимическим особенностям, поэтому изучение их рудоносности имеет большое значение.

Наконец, повышенные содержания меди отмечены и в субэффузивных аналогах надакской свиты (содержание меди в них равно примерно двум кларкам). По своему возрасту и петрохимическим особенностям эти породы близки к гранодиорит-порфирам куюндинского, алмалыкского и джаныбекского типов и, вероятно, являются их вулканогенными аналогами.

По распределению меди в интрузивных и вулканогенно-осадочных породах Алмалыкского района можно выделить три комплекса: каледонский — андезитовые порфириты  $D_1^1$ , андезито-дацитовые порфиры  $D_1^3$ ; ранневарисский — диабазовые порфириты минбулакской свиты, диориты и сиенит-диориты Алмалыка; средневарисский — гранодиорит-порфиры куюндинского, алмалыкского, джаныбекского типов и «черные» гранодиорит-порфиры с несколько повышенными содержаниями меди. Некоторые из них (особенно «черные») можно отнести к типам пород с положительной геохимической специализацией.

Различия в уровнях содержания меди в породах района в значительной мере определяются распределением ее в породообразующих и аксессуарных минералах. Полученные данные показывают, что преобладающую роль здесь играют темноцветные минералы и магнетит. В каледонском комплексе пород содержания меди в породообразующих минералах невысокие и находятся на уровне средних значений для этого типа пород или ниже их (табл. 42). Только в биотитах и хлоритах они иногда повышаются и несколько превосходят средние содержания в породе. Такие низкие содержания меди в указанных минералах свидетельствуют об отсутствии концентраций меди в магматическом очаге и отрицательной геохимической специализации каледонского комплекса пород на медную минерализацию.

В герцинском комплексе поведение меди в породообразующих ми-

нералах меняется. Здесь содержания меди в биотитах и роговых обманках значительно возрастают и в большинстве случаев превышают средние содержания по породе, причем, как правило, в биотитах они выше, чем в роговых обманках. При гидротермальных изменениях пород медь концентрируется в хлоритах.

В полевых шпатах содержания меди также различны. В плагиоклазах меди больше, чем в калишпатах, и иногда ее количество превышает средние содержания по породе (сиенит-диориты, гранодиорит-порфиры джаныбекского типа).

При сопоставлении содержаний меди в минералах по породам установлено, что снижение количества меди в породах сопровождается соответствующим снижением ее содержаний в минералах. По содержанию меди в биотитах и роговых обманках можно выделить типы пород с положительной геохимической специализацией. Сюда относятся диориты  $S_2$  и гранодиорит-порфиры куюндинского, алмалыкского и джаныбекского типов.

По данным А. В. Рабиновича и С. Т. Бадалова (1971), содержание меди в породообразующих минералах диоритов составляет, г/т: в полевых шпатах 43, в биотите 83, в роговой обманке 62, в пироксене 150, кварце 20, магнетите 450 и в пирите 2500; в сиенито-диоритах алмалыкских — в полевых шпатах 31, биотитах 71, роговой обманке 59, кварце 25, магнетите 325 и в пирите 2000.

В остальных породах герцинского комплекса содержания меди в породообразующих минералах постепенно снижаются от древних пород к молодым. Это отмечено И. М. Головановым (1971) и для других районов Узбекистана.

Форма нахождения меди в породообразующих и аксессуарных минералах изучена недостаточно. При изучении полированных шлифов неизменных пород и препаратов мономинеральных фракций в отраженном свете в них установлены мельчайшие включения халькопирита, реже борнита. Наличие сульфидной меди (50—85% от валового состава) также подтверждается фазовыми анализами. Часть меди в изоморфной форме может замещать двухвалентное железо.

Как показали количественно-минералогические подсчеты в шлифах, в каледонском комплексе содержания темноцветных в породах невысокие (5—7%). Исключение составляют только андезито-дацитовые порфиры  $D_1^3$  (15%). В герцинском комплексе содержания темноцветных минералов в породах составляют 10—20%, т. е. они выше, чем в каледонском. В составе их выделены, %: диориты — 26, сиенито-диориты — 17, гранодиорит-порфиры куюндинские и джаныбекские — по 10 и гранодиорит-порфиры «черные» — 20, т. е. те же типы пород, для которых установлена положительная геохимическая специализация по содержанию меди в породах.

Таким образом, относительно распределения меди в породообразующих минералах можно сделать следующие выводы.

1. Основными минералами-концентраторами для меди являются биотит и роговая обманка и в меньшей степени — плагиоклаз. Вероятно, преобладающую роль в распределении меди играют железо, магний и реже кальций. Аналогичные данные получены и по многим другим районам мира (Parry, Nackowski, 1963 и др.).

2. При гидротермальных изменениях пород медь концентрируется в хлоритах.

3. Выделяются породы с положительной геохимической специализацией — диорит и сиенито-диориты  $S_2$ , гранодиорит-порфиры куюндинского, алмалыкского и джаныбекского типов.



Таблица 44

Содержание рудных элементов в магнетитах и апатитах пород  
Алмалыкского района г/т

Порода и минерал	Количество				
	минералы в породе	рудных элементов в минералах			
		Сu	Pb	Zn	Mo
Биотитовые граниты					
$\gamma S - D_I$ . . . . .	14320	9,2	28,5	95,2	9,6
Магнетит . . . . .	26848*	2	10	200	—
Апатит . . . . .	1104				
	952				
Аляскинты $\gamma S - D_I$ . . . . .	66	15,1	24,4	15,0	4,1
Магнетит . . . . .	78		20	200	10
Апатит . . . . .	24	1	—	—	—
	38				
Андезитовые порфиры $D_I^1$ . . . . .		40,7	26,9	44,7	5,7
Магнетит . . . . .	865	300	10	200	10
Апатит . . . . .	115	3	—	—	—
Кварцевые порфиры $D_I^2$ . . . . .		85,1	27,5	25,7	1,8
Магнетит . . . . .	2310		100	300	50
Апатит . . . . .	47	1	—	—	—
Андезито-дацитовые порфиры $D_I^3$ . . . . .		40,5	26,5	40,2	2,5
Магнетит . . . . .	419	20	30	100	—
Апатит . . . . .	187	5	2	1	—
Диабазовые порфиры минбулакской свиты $C_2$ . . . . .					
Магнетит . . . . .	4033	100	10	100	10
Апатит . . . . .	660	5	300	600	—
Диориты $C_2$ . . . . .		107	59	225	7
Магнетит . . . . .	61850	100	20	400	2
Апатит . . . . .	—	450	—	—	—
Сиебито-диориты . . . . .	—	50	45,1	48,0	4,9
Магнетит . . . . .	36970	200			
	36900	325			
Апатит . . . . .	5954	20	10	100	3
	6409				
Гранодиориты кураминского типа $\gamma^6 C_2$ . . . . .		29,9	35,6	43	1,1
Магнетит . . . . .	16373	90	200	—	2
	28077	76			
Апатит . . . . .	316	7	6	1	—
	499				
Гранодиорит кызылсайского типа $\gamma^6 C_{2-3}$ . . . . .		30,7	38,7	29,0	0,3
Магнетит . . . . .	4825	20	80	100	2
Апатит . . . . .	27	3	—	—	—
Эффузивы акчинской свиты $C_2$ . . . . .					
Магнетит . . . . .	1040	200	20	100	—
Апатит . . . . .	7	1	—	—	—
Субэффузивные аналоги надакской свиты $C_2$ . . . . .		38,0	56,0	40,0	0,7

\* В знаменателе приведены содержания по А. В. Рабиновичу (1969) и по А. В. Рабиновичу, С. Т. Бадалову (1971).

Порода и минерал	количество				
	минерала в породе	рудных элементов в минералах			
		Сu	Pb	Zn	Mo
Магнетит	1954	200	30	300	4
Апатит	51	4	—	100	—
Фельзиты, фельзит-порфиры $C_3$		11,7	58,5	42,6	0,6
Магнетит	11130	100	200	200	—
Апатит	163	3	—	100	—
Гранодиорит-порфиры куюндинского типа $C_3$		33,2	34,7	40,6	0,9
Магнетит	14043	300	800	800	—
	31813	300	—	—	—
Апатит	482	—	—	—	—
	756	—	—	—	—
Гранодиорит-порфиры джаныбекского типа $C_3$		34,8	41,7	44,0	8,4
Магнетит	16430	3000	40	300	2
Апатит	24409	10	10	—	8
Сивенит-диориты $C_3$	412	34,5	37,9	48,0	10,2
Магнетит	6910	60	100	400	3
	11982	—	—	—	—
Апатит	330	4	1	—	—
	310	—	—	—	—
Эффузивы шурабсайской свиты $P_1$		23,0	39,7	46,0	0,8
Магнетит	1634	100	40	400	8
Апатит	69	3	—	—	—

4. Во всех случаях содержания меди и цинка в темноцветных минералах коррелируются между собой, причем содержания цинка преобладают над медью.

Результаты изучения аксессуарной минералогии интрузивных образований (Рабинович, 1970) подтвердили наличие геохимической специализации района.

В каледонском комплексе выделены ортит-апатитовый, монацит-апатитовый и циркон-апатитовый типы, в герцинском преобладает апатит-магнетитовый тип аксессуарной специализации и только в гранодиоритах кураминского типа установлен сфен-магнетитовый тип. Содержание апатита в породах колеблется от 6410 до 37 г/т. Характерно, что содержания магнетита в породах постепенно убывают от более древних к молодым и составляют от 61859 до 19 г/т.

Для каледонского комплекса относительно повышенными содержаниями магнетита отличаются биотитовые граниты, андезитовые порфиры, кварцевые порфиры и андезито-дацитовые порфиры (табл. 44). Содержания меди в магнетитах пород каледонского комплекса невысокие (не более 300 г/т) и свидетельствуют об отрицательной геохимической специализации пород этого комплекса. В других типах они не превышают 1—2 г/т. Характерно, что в биотитовых гранитах при высоком содержании в них магнетита меди содержится всего 2 г/т.

Содержания меди в магнетитах пород герцинского комплекса, в отличие от пород каледонского, высокие (100 г/т). На основании этого их можно отнести к породам с положительной геохимической специализацией. По содержанию меди в магнетитах можно выделить две разновоз-

растные группы пород: диориты и сиенито-диориты  $C_2$  и гранодиорит-порфиры куюндинского, алмалыкского и джаныбекского типов. В первых содержания меди составляют 100—200 г/т и во вторых — от 300 до 3000 г/т. Выделяющиеся высокими содержаниями магнетита гранодиориты кураминского типа и кварцевые мелкозернистые сиенито-диориты  $C_3$  имеют низкие содержания меди — 90 и 60 г/т соответственно.

Для пород герцинского комплекса характерны очень высокие содержания магнетита. Самые высокие (61850 г/т) содержания его в диоритах, самые низкие (1040 г/т) в эффузивах акчинской свиты. По содержанию магнетита выделяются два разновозрастных комплекса пород: диориты и сиенито-диориты  $C_2$  (61850 и 36970 г/т); гранодиорит-порфиры куюндинского и джаныбекского типов (14041 и 16430 г/т). В остальных типах пород содержание магнетита колеблется от 1040 до 11130 г/т и только в гранодиоритах кураминского типа составляет 16373 г/т.

Апатит является «сквозным» аксессуарным минералом и развит как в каледонских, так и герцинских образованиях. Как показали результаты проведенных исследований, апатиты образуются и в послемагматическом гидротермальном процессе и могут служить одним из основных критериев оценки интенсивности гидротермального процесса. Особенно четкие взаимоотношения апатитов с гидротермальным процессом проявляются для медных месторождений, где встречено несколько генераций апатитов и установлена их связь с оруденением.

При изучении апатитов на приборе «Камека» в СО АН СССР выявлено, что апатиты нашего района, в отличие от других районов Советского Союза, содержат преобладающее количество хлора и относятся к хлор-апатитам (Сотников и др., 1970). Содержания апатитов в породах района испытывают довольно резкие колебания — от 6410 до 38 г/т, наиболее высокое (6409 г/т) содержание установлено в сиенито-диоритах  $C_2$ .

Содержания меди в апатитах пород каледонского комплекса невысокие и не превышают 5 г/т, что свидетельствует об отрицательной геохимической специализации апатитов пород этого комплекса. Очень слабое повышение содержания меди отмечается только в апатитах андезитовых порфиритов (3 г/т) и андезито-дацитовых порфирах  $D_1^3$  (5г/т). Содержания меди в апатитах пород герцинского комплекса существенно отличаются от содержаний в апатитах пород каледонского комплекса. Здесь также выделяются диориты, сиенито-диориты и гранодиорит-порфиры куюндинского и джаныбекского типов.

Таким образом, в апатитах также устанавливается положительная геохимическая специализация по меди для диоритов, сиенито-диоритов и гранодиорит-порфиритов куюндинского и джаныбекского типов.

В закономерностях распределения меди очень большую роль играет характер взаимоотношений магнетита и апатита. Существует прямая связь между этими минералами в породах, участвующих в эндогенном рудообразовании. Содержания магнетита и апатита повышены в диоритах, сиенито-диоритах, гранодиорит-порфирах куюндинского и алмалыкского типов, а также в диабазовых порфиритах минбулакской свиты (табл. 49). Все эти породы являются рудовмещающими для медных месторождений и активно изменяются в процессе рудообразования.

В то же время для таких пород, как гранодиориты кураминского типа, эффузивы акчинской свиты, гранодиориты кызылсайского типа, гранодиорит-порфиры джаныбекского типа и кварцевые мелкозернистые сиенито-диориты  $C_3$  при высоких содержаниях магнетита содержания апатита незначительные. Эти типы пород не участвуют или слабо участ-

вуют в рудном процессе и в них не отмечено сколько-нибудь значительных проявлений меди. Есть и другие типы пород (биотитовые граниты, гранодиорит-порфиры Калканата, андезито-дацитовые порфиры  $D_1^3$  диабазовые порфириты минбулакской свиты), в которых установлены высокие содержания апатита. Однако требуется дополнительное определение промышленной медной минерализации в них.

Для меди прослеживаются корреляционные связи с другими элементами в породах, метасоматических образованиях и рудном процессе. В каледонском комплексе медь в биотитовых гранитах связана с титаном и железом, слабо — с калием и кремнием; в аляскитах медь коррелирует с магнием и марганцем и слабо связана с кремнеземом; в кварцевых порфирах установлена связь меди с магнием и калием, а также слабая связь с трехвалентным железом. Таким образом, для каледонского комплекса выявлена более или менее устойчивая связь меди с железом и магнием и менее устойчивая — с титаном, калием и кремнеземом. Вероятно, связь меди с калием и кремнеземом объясняется влиянием метаморфизма и гидротермального процесса.

В герцинском комплексе характер корреляционных связей меди с петрогенными элементами также непостоянен и меняется в разных типах пород. Относительно устойчивая корреляционная связь меди с титаном, железом и магнием отмечена только в сиенито-диоритах  $C_2$  и гранодиоритах кураминского типа; с калием и кремнеземом она слабее.

В целом для кураминского и герцинского комплексов пород зафиксирована устойчивая корреляционная связь меди с титаном, железом и магнием и более слабая — для каледонского комплекса — с кремнием и калием, для герцинского — с алюминием и калием. Характерно, что корреляционные связи меди с петрогенными элементами четко выражены в ранних фазах магматизма. В конечных, завершающих фазах все большую роль начинают играть легкие элементы, и характер корреляционных связей в разных типах пород изменяется.

В каледонском комплексе на всех стадиях изменения пород распределение меди и цинка устойчиво связано с процессами хлоритизации и в меньшей степени с процессами окварцевания и серицитизации (при интенсивных процессах). Таким образом, и здесь прослеживается устойчивая корреляционная связь меди с железом и магнием, а также с калием, кремнием и алюминием.

Медь в слабоизмененных породах коррелируется со свинцом, в среднеизмененных — со свинцом и цинком и только при интенсивных процессах — с молибденом. Характерно, что при слабых и средних изменениях молибден в большей степени связан со свинцом, при сильных — и с золотом.

В герцинском комплексе на всех стадиях изменения пород прослеживается устойчивая положительная корреляционная связь меди с железом, цинком, а при средних и интенсивных процессах изменения также с молибденом, магнием и титаном.

Таким образом, при рассмотрении геохимии меди установлено, что в эндогенных месторождениях района она обычно представлена единственным минералом — халькопиритом, значительно реже встречаются борнит, блеклые руды, виттихенит, тетрадимит и др.

Из рудных минералов месторождений медь (до 0,1%) приурочивается в состоянии рассеяния к магнетиту и пириту, а также к сфалериту и галениту. В этих минералах содержится не менее 10% от общего количества меди в рудах месторождений. Формы нахождения меди в этих минералах различные: в магнетите вероятно вхождение меди вместо

закисного железа и частично в виде халькопирита, в пирите — частичное вхождение в минерал (медистый пирит), но в основном — тончайшая вкрапленность халькопирита; в галените — обычно в виде вкрапленности блеклых руд и реже халькопирита; в сфалерите, как правило, в форме эмульсионной вкрапленности халькопирита.

Халькопириты района являются минералами-концентраторами золота и носителями селена, висмута, индия, палладия и других элементов. Геохимия меди в рудном процессе очень тесно связана с золотом и железом.

**Молибден.** В металлогении Алмалыкского района молибден занимает одно из ведущих мест, входя в число пяти рудных элементов, создающих основное богатство района. Он относится к сопутствующим элементам, концентрируясь вместе с медью и золотом в рудах месторождения Кальмакыр, Сарычеку, Дальнее и других. Содержания молибдена в рудах указанных месторождений невысокие и находятся на уровне минимально промышленных для мировых месторождений, но запасы молибдена весьма значительны.

Молибден тесно связан с медью, свинцом, цинком, золотом и образует концентрации вместе с ними. Такая связь объясняется халькофильными свойствами молибдена, существованием сульфидов молибдена в качестве первичных соединений. Во всех сульфидных месторождениях района молибдена не только входит в состав как один из ведущих рудных компонентов, но образует и самостоятельные молибденовые месторождения.

Связь концентраций меди, молибдена, свинца и цинка свидетельствует о физико-химических особенностях гидротермальных растворов и геохимической близости этих элементов. В то же время в поведении молибдена и распределении его в породах и месторождениях имеются своеобразные особенности, отличающие его от других рудных элементов. Для молибдена характерна более высокая температура минералообразования, большая глубинность рудоотложения и высокая подвижность минералообразующих растворов.

В Алмалыкском районе молибден пользуется широким распространением. Он развит в полиметаллических (Кургашинкан, Карахана, Шамырсай), золоторудных (Каульды, Актурпак) и медно-молибденовых (Кальмакыр, Дальнее, Сарычеку и другие) месторождениях, а также образует самостоятельные молибденовые проявления (Шаугазское, Янгоклы и другие). Во всех отмеченных типах проявлений молибден фиксируется в заметных количествах, но только в медно-молибденовых месторождениях содержания молибдена достигают промышленных значений, а запасы являются уникальными.

В распределении молибдена в месторождениях района отмечается своеобразная вертикальная и горизонтальная зональность. На месторождениях Кургашинкан и Накпай молибденит встречается в виде тончайших кристалликов в скарнах и кварц-молибденитовых прожилков в сиенит-диоритах. То же самое и на месторождении Карахана, но здесь молибденит находится в ассоциации с шеелитом. Кварц-молибденитовая формация с шеелитом отмечена на месторождении Шамырсай и в Каракинском рудном поле. На месторождениях Кальмакыр, Дальнее и Сарычеку молибденит встречается в кварцевых прожилках, выполняя зальбанды этих прожилков и реже — центральные части их. Содержания молибдена на этих трех месторождениях различны: 0,005—0,006% (Кальмакыр), 0,001—0,002% (Дальнее) и 0,008—0,012% (Сарычеку). Содержание молибдена является важнейшим показателем глубинности образования этих месторождений.

На всех трех месторождениях содержания молибдена с глубиной увеличиваются при уменьшении содержания других компонентов. Особенно это заметно на месторождении Сарычеку. Здесь в аляскитах  $S-D_1$ , подстилающих рудовмещающие кварцевые порфиры, содержание молибдена достигает 0,013%, в то время как в кварцевых порфирах оно равно 0,008%. Характерно, что здесь с глубиной увеличивается и размер чешуек молибдена. В рудопроявлениях Шаугаз и Янгоклы молибден уже встречается в значительных концентрациях. Молибденит здесь развит в кварцевых прожилках, образует самостоятельные прожилки и зоны и, наконец, выделяется в виде крупных гнездообразных скоплений.

Особенности размещения молибдена в месторождениях и рудопроявлениях Алмалыкского района тесно взаимосвязаны с распределением его в породах и породообразующих минералах, а также зависят от характера поведения других петрогенных и рудных элементов. В целом по району отмечено значительное превышение средних содержаний молибдена в породах над его средними содержаниями в породах земной коры.

Характерно почти полное отсутствие корреляции между медью и молибденом при распределении их в первичных неизменных породах (табл. 44). Более того, повышение содержания меди в какой-либо породе сопровождается в некоторых случаях даже уменьшением количества молибдена. Исключение составляют диориты и сиенито-диориты, в которых повышение содержания меди сопровождается соответствующим повышением содержания молибдена.

В интрузивных породах наиболее высокие содержания молибдена устанавливаются в начальных стадиях магматизма и постепенно убывают к его конечным стадиям. Так, в гранитах содержится 9,6 г/т молибдена, в аляскитах — 4 и в гранодиорит-порфирах калканатинского типа — всего 1,6 г/т, что почти равно кларку.

В вулканогенно-осадочных породах распределение молибдена несколько иное. В метаморфических сланцах  $O-S$  содержится 0,5 г/т молибдена, что в восемь раз ниже кларка для этого типа пород. В следующих за ними метаморфизированных андезитовых порфиритах  $D_1^1$  содержание молибдена значительно возрастает (5,7 г/т) и превышает кларк почти в три раза. В кварцевых порфирах  $D_1^2$  оно также ниже кларковых и, наконец, в андезито-дацитовых порфирах  $D_1^3$  содержание молибдена снова повышается. Таким образом, для каледонского комплекса в интрузивных породах содержания молибдена постепенно снижаются от начальных фаз к конечным. В вулканогенных породах устанавливаются два пика повышенных содержаний молибдена, связанных с начальными (андезитовые порфириты  $D_1^1$ ) и конечными (андезито-дацитовые порфиры  $D_1^3$ ) фазами каледонского вулканизма.

В герцинском комплексе распределение молибдена в интрузивных и вулканогенных породах также различно. Но в общем сохраняется та же закономерность: повышенные содержания молибдена, присущие начальным фазам магматизма, убывают к конечным. В отличие от каледонского комплекса, здесь можно выделить два этапа магматизма, с которыми связаны повышенные содержания молибдена: начальный и этап «малых» порфировых интрузий.

Так, в диоритах  $C_2$  содержание молибдена равно 7 г/т, в сиенито-диоритах  $C_2$ —4,9 г/т; затем содержания молибдена снижаются до кларковых в гранодиоритах кураминского типа, гранодиорит-порфирах куюндинского или ниже кларковых в гранодиоритах кызылсайского типа.

Значительное повышение содержания молибдена наблюдается в гранодиорит-порфирах алмалыкского (15,5 г/т) и джаныбекского (8,4 г/т) типов. Обращает на себя внимание высокое содержание молибдена в кварцевых мелкозернистых сиенито-диоритах  $C_3$  — 10,6 г/т, т. е. десятикратное превышение кларковых содержаний.

В вулканогенных и осадочных породах герцинского комплекса распределение молибдена более равномерное. Содержание молибдена в карбонатных отложениях девона составляет 3,6 г/т, в известняках карбона — 4 и в диабазовых порфиритах минбулакской свиты — 6,2 г/т.

Таким образом, на начальных этапах герцинского вулканизма и осадконакопления, как и в интрузивных породах, отмечаются повышенные содержания молибдена. Дальнейшее развитие герцинского вулканизма (акчинская и надакская свиты) характеризуется невысокими и равномерными содержаниями молибдена в пределах 1—2 кларков, конечные этапы вулканизма — значительным уменьшением содержаний молибдена до кларковых.

Отметим, что в содержаниях молибдена между одновозрастными интрузивными и вулканогенными породами в герцинском комплексе имеется некоторая аналогия. Так, в диабазовых порфиритах минбулакской свиты и диоритах  $C_2$  содержания молибдена близки и равны 6 и 7 г/т. В гранодиоритах кураминского типа и близких к ним по возрасту эффузивах акчинской свиты содержания молибдена равны кларковым. В гранодиоритах гущсайского типа  $P_1$  и эффузивах шурабсайской свиты  $P_1$  содержания молибдена также близки и по своим величинам ниже кларковых.

По содержанию молибдена в первичных неизменных породах каледонского и герцинского комплексов могут быть выделены три группы пород с положительной геохимической специализацией: 1) биотитовые граниты; 2) диабазовые порфириты минбулакской свиты, диориты и сиенито-диориты  $C_2$  и 3) гранодиорит-порфиры алмалыкского и джаныбекского типов  $C_3$ .

Две первых группы пород относятся к начальным этапам каледонского и герцинского циклов тектономагматизма, третья — к этапу «малых» порфировых интрузий. Эти породы имеют совершенно разные петрохимические свойства. Для диабазовых порфиритов минбулакской свиты, диоритов и сиенито-диоритов  $C_2$  характерны повышенная основность и железистость при пониженной кислотности. Биотитовые граниты  $S-D_1$  и гранодиорит-порфиры алмалыкского и джаныбекского типов отличаются повышенной кислотностью и железистостью при пониженной основности. К этой же группе примыкают и кварцевые мелкозернистые сиенито-диориты  $C_3$ . Противоположные значения основности и кислотности в разных группах пород показывают, что этот параметр не играет никакой роли в распределении молибдена, и только повышенная железистость создает условия для его концентрации.

При гидротермальной проработке пород и в рудном процессе повсеместно отмечается привнос молибдена, лишь в единичных случаях в отдельных типах пород происходит его вынос. Заметный вынос молибдена при гидротермальных процессах установлен в карбонатных породах девона, диоритах  $C_2$  и кварцевых мелкозернистых сиенито-диоритах  $C_3$ . Вероятно, причина выноса молибдена из них заключается в повышении щелочности пород при процессах гидротермального изменения (разложение темноцветных и вынос кальция), что ведет к повышению миграционных способностей молибдена и, следовательно, к его выносу.

Значительный привнос молибдена при гидротермальных процессах наблюдается в кварцевых порфирах и андезито-дацитовых порфирах

девона — в каледонском комплексе пород; в сиенито-диоритах  $C_2$ , гранодиорит-порфирах алмалыкского и джаныбекского типов  $C_3$  — в герцинском.

В кварцевых порфирах  $D_1^2$  при их гидротермальной проработке содержание молибдена возрастает до 15 г/т, что в 7,5 раз выше кларковых содержаний и почти в 9 раз выше средних содержаний в неизменной породе. В андезито-дацитовых порфирах  $D_1^3$  при гидротермальном процессе содержание молибдена возрастает до 12,3 г/т. В гранодиорит-порфирах джаныбекского типа в ходе гидротермального процесса содержания молибдена увеличиваются только в три раза по сравнению с первичными породами, но абсолютные значения содержаний очень высокие — 22 г/т.

Все перечисленные типы пород при гидротермальном процессе испытывают интенсивный кварцевый метасоматоз, при котором рН растворов резко снижается. Таким образом, в отличие от других элементов, на которые интенсивный кварцевый метасоматоз влияет отрицательно, для молибдена он создает благоприятные условия осаждения.

При изучении условий распределения молибдена в породообразующих минералах в породах района встречаются немалые трудности: низкие содержания молибдена в породах и минералах, низкая чувствительность химических анализов на молибден; немаловажное значение имеет и отсутствие для молибдена минерала-концентратора, поэтому он рассеивается по всем минералам примерно в одинаковых количествах (табл. 44).

Данные анализов на молибден в породообразующих минералах показывают, что более высокие (свыше 2 г/т) содержания его устанавливаются в мусковитах, амфиболах и калиевых полевых шпатах. В плагиоклазах, кварце и биотитах содержания молибдена заметно ниже — в пределах 1,5 г/т.

В мусковитах грейзеновых образований (биотитовые граниты, аляскиты) содержание молибдена в среднем составляет 3 г/т, в отдельных пробах до 6 г/т. Высокие содержания молибдена в мусковитах обязаны пневматолитовому процессу и не могут приниматься за первичные. Средние содержания молибдена в амфиболах и калиевых полевых шпатах примерно равны 2,5 г/т. Иногда содержания молибдена в этих минералах повышаются до 4—5 г/т. Повышение содержаний молибдена в амфиболах отмечено для сиенито-диоритов  $C_2$  и в калиевых полевых шпатах — для сиенито-диоритов  $C_2$ , гранодиорит-порфиров алмалыкского типа и кварцевых мелкозернистых сиенито-диоритов  $C_3$ .

Молибден в кварце распределяется неравномерно: в одних породах содержание его не превышает 1 г/т, в других — 30 г/т, что связано, по видимому, с влиянием гидротермального процесса. Интерпретация результатов по распределению молибдена в аксессуарных минералах в значительной степени затрудняется отсутствием достаточного количества проб по ним. При анализе особенностей распределения молибдена в магнетитах обращают на себя внимание более высокие (10—50 г/т) содержания молибдена в магнетитах пород каледонского комплекса по сравнению с герцинским (менее 8 г/т). Другая характерная закономерность — повышение содержаний молибдена в магнетитах от ранних фаз магматизма к конечным: от аляскитов к кварцевым порфирам и от диоритов к эффузивам шурабсайской свиты. Этот вывод не согласуется с отмеченной ранее закономерностью — в породах содержания молибдена убывают от ранних фаз магматизма к поздним. Такое противоречие находит свое логическое объяснение при учете влияний гидротермального процесса. В каледонском комплексе при гидротермальном процессе на-



блюдается интенсивный привнос молибдена в андезитовые порфиры и особенно в кварцевые порфиры.

В герцинском комплексе в магнетитах диоритов  $S_2$  отмечены низкие (2 г/т) содержания молибдена. При гидротермальном процессе молибден выносится из диоритов. Вероятно, и здесь существует прямая связь между магнетитом и молибденом, что подтверждается новым увеличением содержания молибдена в магнетитах сиенито-диоритов  $S_2$ , в которых также зафиксирован привнос молибдена в породе. То же самое и в гранодиорит-порфирах джаныбекского типа. Таким образом, при анализе распределения молибдена в породообразующих и аксессуарных минералах выясняется, что содержания элемента в амфиболах и калиевых полевых шпатах свидетельствуют о положительной геохимической специализации сиенито-диоритов  $S_2$  и гранодиорит-порфиров алмалыкского и джаныбекского типов  $S_3$ , а также кварцевых мелкозернистых сиенито-диоритов  $S_3$ .

В каледонском комплексе в биотитовых гранитах молибден имеет слабую корреляцию с магнием и калием; в аляскитах — с алюминием, железом, калием и натрием; в кварцевых порфирах — с кремнием и титаном. В целом для каледонского комплекса намечаются относительно устойчивые связи молибдена с железом, кремнием и калием и слабые — с алюминием, титаном и магнием.

В герцинском комплексе характер корреляционных связей не меняется. В сиенито-диоритах  $S_2$  молибден связан с титаном, магнием, калием и железом; в гранодиоритах кураминского типа прослеживаются связи молибдена с алюминием, железом; в эффузивах акчинской свиты — с железом, калием и кремнием; в эффузивах налакской свиты — с железом и магнием и, наконец, в кварцевых мелкозернистых сиенито-диоритах молибден связан с калием.

При сопоставлении корреляционных связей молибдена с другими рудными элементами (свинец, цинк, медь, золото) и с петрогенными элементами выявляется одна отличительная особенность: только у молибдена существует четкая корреляционная связь с кремнием и калием, связь остальных рудных элементов с ними слабая или отсутствует.

В каледонском комплексе при слабых процессах изменения пород устанавливаются корреляционные связи молибдена со свинцом и золотом, а также с фосфором. Непосредственные связи молибдена с медью в неизменных породах не выявлены. При процессах среднего изменения пород связи молибдена с другими элементами несколько расширяются. Молибден связан со свинцом, цинком и бором, а также, по-видимому, и с золотом. Однако и в этом случае непосредственная связь молибдена с медью не наблюдается. Из изменений пород отмечено тяготение молибдена к окварцеванию и серицитизации. При процессах интенсивного изменения пород связи молибдена еще более расширяются. Молибден коррелирует со свинцом, цинком, золотом и медью.

Таким образом, в каледонском комплексе пород установлены корреляционные связи молибдена в неизменных породах со свинцом, в среднеизменных — со свинцом и цинком и в сильноизменных — со свинцом, цинком и медью. Из этого видно, как идет нарастание связей молибдена с другими рудными элементами в зависимости от интенсивности процессов гидротермального изменения пород.

Аналогичная закономерность устанавливается в связях молибдена с бором, фтором и фосфором. В слабоизменных породах молибден коррелирует с фосфором; в среднеизменных — с бором и в сильноизменных — с бором и фтором. Такая тесная взаимосвязь молибдена с бором и фтором подтверждает отмеченную ранее закономерность накопления

молибдена в конечных фазах каледонского магматизма (кварцевые порфиры и андезито-дацитовые порфиры). В этих же породах установлено широкое распространение турмалина и иногда флюорита.

В герцинском комплексе пород поведение молибдена заметно отличается от каледонского. Эти отличия заключаются в тесной связи молибдена с медью и почти полном отсутствии связей с летучими соединениями (бор, фтор, фосфор) при гидротермальном процессе.

В среднеизмененных породах корреляционные связи молибдена со свинцом исчезают, но зато появляется устойчивая связь с медью и цинком и продолжается связь с золотом. Примечательно, что в среднеизмененных породах полностью исчезают связи молибдена с бором, фтором и фосфором. Из продуктов гидротермальной проработки сохраняется корреляционная связь молибдена с серицитом.

В сильноизмененных породах полностью прекращаются связи молибдена со свинцом, цинком и золотом и сохраняется только связь с медью; при вторичных процессах к связи с серицитом добавляется связь молибдена с кварцем. Золото, коррелирующее ранее только с молибденом, начинает коррелировать с медью.

Приведенные данные показывают, что молибдену в герцинском комплексе присущи как бы обратные каледонскому зависимости, а именно — с увеличением интенсивности гидротермальных процессов сокращаются корреляционные связи с другими элементами. Логическим объяснением такого поведения молибдена может быть следующее. В герцинском комплексе пород при их повышенной основности и железистости образование пневматолитовых растворов, по-видимому, ограничено и основной перенос вещества происходит в гидротермальных растворах. Кроме того, весьма важное, если не основное, значение приобретает обилие сернистых соединений, создающих отрицательную среду для образования и переноса боро-молибденовых соединений. В этих условиях отложение бора происходит раньше и при больших температурах; движение остальных растворов и перенос свинца, цинка, меди и золота продолжается в сернистых соединениях.

Поведение фтора и бора в герцинском комплексе несколько различно. Бор больше связан с фосфором, и они коррелируют с золотом. Для фтора такая корреляционная зависимость с золотом не установлена. Особенно заметные корреляционные связи бора и фосфора с золотом выявлены в акчинской и надакской свитах и продуктах их гидротермальной проработки. С этими же породами связаны и основные содержания рудного золота. В эффузивах акчинской свиты все зоны осветленных пород содержат заметные количества турмалина, в некоторых случаях турмалин выделяется в виде мощных и протяженных зон.

В эффузивах надакской свиты по правому борту р. Каульды (недалеко от одноименного месторождения) установлен горизонт дацитовых порфиров с обильной вкрапленностью турмалина, причем турмалин здесь полностью замещает темноцветные минералы и образует по ним хорошо выраженные псевдоморфозы. Хорошо представлен бор в скарновых образованиях и на месторождении Кургашинка.

Таким образом, бор и фтор в герцинском комплексе несколько разделены во времени, и если бор отражает начальные фазы гидротермального рудного процесса, то фтор заканчивает его.

В эндогенных месторождениях района молибден присутствует повсеместно, но в различных концентрациях. Наиболее интересные содержания молибдена отмечены в медных рудах (Кальмакыр, Дальнее и др.) и кварцево-шеелитовых с молибденитом (Янгоклы). В медных рудах

содержания молибдена увеличиваются как в более основных разностях пород (диориты на Дальнем), так и в кислых (аляскиты на Сарычеку).

На основании изложенного можно сделать некоторые выводы.

В Алмалыкском районе прослеживается четкая связь молибдена со всеми основными рудными элементами. На всех месторождениях района молибден является постоянным сопутствующим элементом медного, полиметаллического и золотого оруденений.

Несмотря на разнообразие типов проявления молибденовой минерализации — в скарнах, штокверковых зонах и кварцевых жилах, — все они являются продуктами единого гидротермального процесса, охватившего весь район и проявившегося во всех типах пород и на разных уровнях.

Содержания молибдена и формы его концентрации говорят о разных глубинах и температурах отложения и свидетельствуют о большом вертикальном размахе проявления гидротермального процесса. Вертикальный размах молибденового оруденения в районе составляет не менее 2000 м (Кальмакыр—Янгоклы).

Вертикальная зональность распределения молибдена может служить дополнительным фактором поисков глубинного оруденения на другие виды полезных ископаемых. Так, низкие содержания и мельчайшие размеры кристаллов молибденита на месторождении Дальнем фиксируют верхний предел распространения медно-молибденового оруденения. Крупный размер кристаллов молибденита и резкие перепады его содержания на рудопроявлении Янгоклы, по-видимому, фиксируют нижний предел развития медно-молибденового оруденения.

Золото в медно-порфировых месторождениях Алмалыка имеет широкое распространение. Оно встречается в различных формах: 1) в самородной в виде золотинок различной размерности (от 0,0X мк до 1—2 см в поперечнике) и пробыности (от 500—550 до 900—950 и выше). Такое золото может находиться как в жильных (кварц, ангидрит, карбонат), так и рудных (магнетит, пирит, халькопирит и др.) минералах; 2) в форме соединений с теллуrom, серебром и другими элементами (силванит, калаверит и др.), тяготеющих обычно к наиболее поздним сульфидным минералам (галениту и блеклой руде) и 3) связанное золото в сульфидах.

Форма нахождения золота во многих случаях остается не ясной, однако, исходя из геохимии золота, можно предполагать, что оно может присутствовать как в катионной (в соединении с теллуrom, серой и др.), так и анионной формах (замещая медь в халькопирите, железо и мышьяк в арсенопирите и блеклой руде и др.). Подобное золото, в отличие от тонкодисперсного самородного в сульфидах, не растворяется в цианистой кислоте (Бадалов, 1972). Золото отмечается в пиритах и других месторождений Карамазара (Протодряконова, 1959).

Количественное распределение разных форм нахождения золота в рудах Кальмакыра примерно следующее: 1) самородное золото вне связи с сульфидами — около 35—40%; 2) золото в соединениях с теллуrom и другими элементами, представленное в форме обособленных выделений в сульфидах и жильных минералах (креннерит и др.) — около 1—5% и 3) золото, связанное в главнейших сульфидах (независимо от формы нахождения — как тонкодисперсное, так и в соединениях) — пирите и халькопирите — не менее 60—65% (Бадалов, 1964; Мещанинов, Азин, 1972).

Характерно, что в процессе получения коллективного сульфидного концентрата часть самородного золота флотуруется и затем попадает в медный концентрат. Поэтому из общего количества золота в рудах, наиболее легко извлекаемым оказывается только золото, в разных фор-

мах нахождения попадающее в медный концентрат, т. е. все золото, находящееся в халькопирите (извлечение халькопирита из руд может составлять 85—90%); часть золота, находящегося в пирите, попадающем в медный концентрат (как во время флотации, так и позже путем добавления его в шихту) и часть самородного золота, попавшего в процессе флотации в медный концентрат.

Средние содержания золота в сульфидах составляют: в халькопирите 22—25 г/т и пирите 3—4 г/т. Количественные отношения пирита к халькопириту в рудах месторождений изменяются в больших пределах — от 2—3 : 1 до 10—12 : 1. Примечательно, что с уменьшением содержания меди в руде эта величина возрастает.

В геохимии золота следует учесть также, что оно образует концентрации и в наиболее поздних сульфидах — галените и блеклой руде. В них содержание золота достигает 10—15 г/т, следовательно, ценность сульфидного концентрата повышается.

Серебро распределяется в рудах частично с золотом, чаще находится изоморфно в сульфидах. Его содержания в сульфидных минералах обычно увеличиваются от ранних к поздним — от пирита к блеклым рудам: в пиритах около 30—40 г/т, в халькопиритах — 60—70 г/т. Почти все серебро (не менее 95%) в сульфидах представлено в изоморфном нахождении и лишь незначительная его часть — в форме собственных минералов — аргентита, гессита и в зоне окисления — кераргерита. В процессе переработки руд почти все серебро попадает в сульфидный концентрат из которого около 30—40% поступает в медный концентрат (при отношении пирита к халькопириту 5 : 1), а затем в черновую медь и шлам.

Рений — элемент, концентрация которого в молибденитах района является уникальной — около 1500 г/т. Кроме молибденита, составляющего очень незначительную часть руды, рений находится также в пирите и халькопирите (соответственно 1,2 и 2,6 г/т). Характерно, что в этих же минералах отмечены повышенные (около 60 и 150 г/т) содержания молибдена.

При существующем распределении молибденита, халькопирита и пирита (соответственно 1 : 200 : 1000) содержание рения от общего его количества в этих рудных минералах составит, %: в молибдените — всего около 47, халькопирите — около 15—16 и пирите — примерно 37.

Таким образом, если даже весь рений будет извлечен из молибденового концентрата, то выход составит менее 50% от его общего количества в руде. Поэтому необходимо извлекать рений и из халькопиритового концентрата. Форма нахождения рения изоморфная, хотя при очень высоких его концентрациях в молибденитах возможны собственные соединения  $\text{ReSe}_2$ ,  $\text{ReS}_2$  и др. Наиболее вероятен диселенид рения, так как в молибденитах увеличение содержания рения обычно сопровождается и увеличением количества селена.

Селен и теллур, как правило, находятся совместно в сульфидных минералах. Форма их нахождения в основном изоморфная, хотя известны очень незначительные количества теллуридов.

При расчете распределения селена и теллура в рудных минералах медных месторождений галенит и сфалерит не учитывались, так как количество их в рудах очень невелико и они содержат очень мало селена и теллура. Преобладающее количество селена и теллура (табл. 45) находится в пиритах (соответственно около 95 и 79%). Однако практический интерес имеет также селен и теллур в халькопиритах. Аналогичные сведения по селену и теллуру известны и для других месторождений (Синдеева, 1959).

Висмут в рудах присутствует в основном в изоморфном состоянии; частично представлен галеновисмутитом и виттихенитом. Распределение висмута в пиритах и халькопиритах Кальмакыра составляет соот-

Распределение селена и теллура в рудных минералах месторождения Кальмакыр г/т

Минерал	Кол-во анализов	Селен	Теллур
Молибденит . . . . .	8	140/0,3	40/0,2
Пирит . . . . .	77	40/95,7	16/78,8
Халькопирит . . . . .	34	83/4,0	10/21,0
Сфалерит . . . . .	12	6	13
Галенит . . . . .	8	60	28

Примечание. В числителе приведено количество элемента (г/т), в знаменателе — элемент в минерале в процентах от общего количества в руде.

ответственно 50 и 70 г/т, что отвечает 97 и 3% висмута, приходящегося на долю пирита и халькопирита. Учитывая значительные масштабы медного оруденения в Алмалыке (на месторождении Дальнее содержание висмута в пиритах и халькопирите значительно выше — 100 и 200 г/т соответственно), можно считать, что основная масса висмута в районе сосредоточена в пиритах, из которых его следует извлекать попутно с другими ценными элементами.

Индий в рассматриваемых месторождениях тяготеет главным образом к халькопириту (более 10 г/т), хотя в сфалерите его содержание выше (около 75 г/т). Форма нахождения индия в этих минералах изоморфная в связи с его резкой халькофильностью в сульфидных рудах. Отмечается приуроченность индия к сернистым минералам железа, а также к минералам, в которых железо является изоморфной примесью (сфалерит). Практическое значение имеет нахождение индия в халькопирите и сфалерите.

Кадмий. Минералом-концентратом и носителем его является сфалерит (около 2000 г/т), в главнейшем рудном минерале — халькопирите — кадмия около 25 г/т. Отношение величин содержаний кадмия в сфалерите и халькопирите равно 80, количественное распределение этих же минералов в рудах составляет примерно 1 : 10. Расчеты показывают, что, несмотря на малое содержание сфалерита в рудах, в нем находится не менее 88% кадмия.

Платиноиды. Наибольшим распространением из них в месторождениях пользуются палладий, платина, родий и в меньшей степени осмий. Особенно интересны высокие содержания палладия (до 5 г/т) и платины (до 0,7 г/т) в молибденитах, хотя это составляет всего около 8% палладия от общего его количества в рудах. Несомненно, большее значение имеет приуроченность основной массы (около 68%) палладия и платины к халькопириту (табл. 46). Таким же образом может быть частично (около 20%) использован и родий. Примечательно, что осмий (до 2 г/т) установлен только в молибденитах, где его нахождение связано с процессом  $\beta$ -превращения  $Re^{187} \rightarrow Os^{187}$ .

Свинец и цинк в медных рудах Алмалыка находятся в небольших количествах. Они представлены своими ведущими минералами, концентрирующими основную массу рассматриваемых элементов, — галенитом и сфалеритом. Несмотря на то, что количество галенита и сфалерита значительно меньше, чем халькопирита, попутное извлечение их из сульфидного концентрата следует считать весьма целесообразным. Это обусловливается еще и тем, что галенит и сфалерит являются концентраторами или носителями таких элементов как индий, кадмий, серебро, висмут, сурьма, теллур, а также содержат золото и селен. Отдельные

Распределение элементов платиновой группы в главнейших рудных минералах месторождения Кальмакыр  $г/т$

Минерал	Количество, распредел. (от носителя ед.)	Палладий	Платина	Родий	Распределение палладия (процент от общего кол-во в рудах)
Молибденит . . . . .	0,1	5,0	0,7	0,01	8,1
Пирит . . . . .	100	0,014	—	0,018	22,5
Халькопирит . . . . .	20	0,21	0,02	0,012	67,6
Сфалерит . . . . .	4	0,003	—	0,007	0,2
Галенит . . . . .	3	0,031	—	—	1,6

участки рассматриваемых месторождений представляются кондиционными на свинец и цинк, что резко повышает ценность комплексных руд. Общее количество свинца и цинка в этих рудах весьма значительно.

Галлий — редкий элемент для рассматриваемых месторождений, в которых он (до 10—15  $г/т$ ) тяготеет к сфалеритам, галенитам и халькопиритам. Форма нахождения галлия в сульфидах — изоморфная. Распределение галлия в сульфидных минералах обусловлено тем, что халькопирит, отлагаясь раньше сфалерита, фиксирует в себе очень значительную часть галлия из рудообразующего раствора. Поэтому галлий не может сконцентрироваться в наиболее характерном для него минерале-концентраторе — сфалерите. Поведение галлия в данном случае аналогично поведению кадмия, который также иногда находится в рассеянном состоянии (нередко в форме минералов-носителей) в халькопиритах (Каджаран в АрмССР и др.).

Таким образом, рассмотрев геохимические особенности поведения большого комплекса редких элементов в рудах, можно сделать вывод, что наиболее важные рудные минералы описываемых месторождений являются концентраторами или носителями этих элементов, в связи с чем значительно повышается ценность руд. Приведенные данные показывают, что подобный комплекс весьма ценных элементов представляет собой один из важнейших объективных факторов резкого снижения кондиций на ведущие компоненты руд.

Кобальт и никель. В распределении этих элементов в главнейших рудных минералах месторождений Кальмакыр и особенно Дальнее отмечены некоторые особенности. Важнейшим минералом-концентратором и носителем никеля и кобальта является пирит (табл. 47). По сравнению с халькопиритом, он содержит почти в три раза больше никеля, кобальта — в пять раз (для Дальнего). Характерно, что в пиритах величина отношения кобальта к никелю равна 3, а в халькопиритах — всего 1,6. Для никеля и кобальта в пиритах (для халькопиритов это не столь характерно) отмечается определенная зависимость их содержания от состава вмещающих пород — от более основных пород к кислым (от диоритов до гранодиорит-порфиров) содержание кобальта и особенно никеля резко уменьшается (для никеля от 33 до 6  $г/т$ , для кобальта от 1165 до 254  $г/т$ ). Подобное поведение никеля и кобальта только в пиритах (не в халькопиритах) объясняется тем, что пирит образуется несколько раньше при значительной роли метасоматоза вмещающих пород, из которых и заимствуется никель и кобальт — резко халькофильные элементы — в момент зарождения и роста кристаллов пирита. Кристаллы халькопирита отлагаются в основном в прожилках, где явления метасоматоза выражены значительно слабее. Повышенные содержания никеля и кобальта в пиритах и халькопиритах Дальнего, а также Кальма-

Распределение элементов-примесей в концентратах пирита и халькопирита месторождения Дальнее по данным химических анализов  $g/m$  (по А. Т. Рахубенкову и И. М. Голованову)

Порода	Se	Te	Bi	Re	Ge	Ga	Cd	Ni	Co	Co/Ni
Пириты										
Диориты . . . . .	$\frac{61,0}{53}$	$\frac{13,6}{51}$	$\frac{60,0}{49}$	$\frac{4,6}{5}$	$\frac{1,0}{5}$	$\frac{1,8}{15}$	$\frac{20,0}{28}$	$\frac{331}{109}$	$\frac{1165}{109}$	3,5
Сиенит-диориты . .	$\frac{62,6}{101}$	$\frac{11,0}{101}$	$\frac{66,0}{73}$	$\frac{1,0}{30}$	$\frac{1,0}{44}$	$\frac{1,0}{40}$	$\frac{18}{51}$	$\frac{90}{73}$	$\frac{216}{72}$	2,4
Гранодиорит-порфиры	$\frac{71}{17}$	$\frac{6,0}{17}$	$\frac{31}{15}$	$\frac{1,0}{11}$	$\frac{1,0}{14}$	$\frac{1,0}{9}$	$\frac{15}{11}$	$\frac{64}{18}$	$\frac{254}{18}$	3,96
Среднее . . .	$\frac{63,0}{171}$	$\frac{11,5}{169}$	$\frac{62,7}{137}$	$\frac{2,0}{46}$	$\frac{1,0}{6,3}$	$\frac{1,2}{64}$	$\frac{18,4}{90}$	$\frac{154,0}{200}$	$\frac{474,4}{199}$	3,0
Халькопириты										
Диориты . . . . .	$\frac{60}{73}$	$\frac{8,0}{23}$					$\frac{20}{7}$	$\frac{50}{5}$	$\frac{84}{5}$	1,6
Сиенит-диориты . .	$\frac{77}{80}$	$\frac{8,3}{81}$	$\frac{50}{2}$	$\frac{1,0}{18}$	$\frac{1,0}{1}$		$\frac{20}{44}$	$\frac{59}{18}$	$\frac{97}{18}$	1,6
Гранодиорит-порфиры	$\frac{81}{11}$	$\frac{8,0}{11}$		$\frac{1,0}{2}$			$\frac{20,0}{7}$	$\frac{53}{3}$	$\frac{63}{3}$	1,2
Среднее . . .	$\frac{72,6}{114}$	$\frac{8,1}{115}$	$\frac{50}{2}$	$\frac{1,0}{20}$	$\frac{1,0}{1}$		$\frac{20,0}{58}$	$\frac{56,2}{26}$	$\frac{91,8}{26}$	1,6

Примечание. Среднее значение содержаний элементов-примесей получено с учетом следующего распределения руд в породах, %: в диоритах — 27; в сиенит-диоритах — 68 и в гранодиорит-порфирах — 5. В числителе — содержание,  $g/m$ ; в знаменателе — количество проб.

кыра могут иметь большое практическое значение, так как эти минералы являются главнейшими в рудах месторождений и составляют их основную ценность.

Из рассмотрения геолого-генетических особенностей Карамазара можно сделать следующее заключение.

Одним из важнейших факторов образования весьма значительных концентраций сульфидных минералов является источник аниона-осадителя рудообразующих металлов — серы. Детальными исследованиями (Бадалов, Туресебеков, Виноградов, 1966—1972) установлено, что таким источником для образования сульфатно-сульфидных метасоматических и прожилково-жильных концентраций соответствующих минералов оказались первично-осадочные ангидрит-гипсовые соленосные отложения девонского (живет-фран) возраста, широко распространенные в пределах Кураминских гор. В связи с этим образование руд обусловлено характером и степенью метаморфизма осадочных сульфатсодержащих пород (Бадалов, Туресебеков, 1967). Весьма характерно, что к аналогичному выводу пришел и Ч. Ф. Давидсон (Davidson, 1966), изучавший в сравнительном аспекте все рудные районы мира, в которых широко распространены различные метасоматические и жильные сульфаты.

Возникновение всего комплекса рудообразующих и редких элементов в месторождениях Алмалыка связано с активной ролью подстилающих пород в качестве их источника.

### Глава III. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЙОНА НА МЕДНО-ПОРФИРОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ

#### ХАРАКТЕР И МАСШТАБЫ ОРУДЕНЕНИЯ

В Алмалыкском рудном поле сконцентрированы значительные запасы медных руд, содержащих, помимо меди, золото, серу, молибден, серебро, селен, теллур, рений, висмут и другие полезные компоненты. Основная масса (по значимости) медно-редкометалльного оруденения сосредоточена на месторождениях Кальмакыр, Дальнее, Сарычеку, Северо-Западный Балыкты и Карабулак.

Прирост запасов происходит, во-первых, в результате геолого-разведочных работ и, во-вторых, за счет снижения промышленных кондиций по ведущему компоненту. Снижение же кондиций базируется на увеличении комплексности использования сырья, на снижении себестоимости добычи руд и извлечении из них полезных компонентов.

Впервые правильная оценка месторождения Кальмакыр по меди была произведена М. П. Русаковым в 1931 г. В дальнейшем месторождение оценивалось различными исследователями и геологическими организациями в 1940, 1950, 1966 и 1969 гг.

Однако возрастание запасов меди еще не дает полного представления об увеличении ценности месторождения, поскольку на Кальмакыре значительна ценность попутных компонентов. Соотношение ценности основного и попутных компонентов на месторождении Кальмакыр при современном уровне цен на них составляет (если медь принять за 100): золото — 50; сера — 31; молибден — 15; свинец и цинк — 21; кобальт — 8; рений — 6; серебро — 5; селен и теллур — 3,6 и др.

Суммарная ценность попутных компонентов на Кальмакыре в 1,4 раза больше ценности основного компонента — меди. В связи с этим при определении масштаба месторождения Кальмакыр необходимо учитывать не только запасы меди, но и запасы попутных компонентов.

Увеличение запасов месторождения Кальмакыр далеко не полностью отражает рост запасов Алмалыкского рудного поля. За последнее десятилетие здесь выявлены и находятся в стадии детальной разведки месторождения Дальнее, Северо-Западный Балыкты и Карабулак. Хотя разведка их еще не закончена, но уже на данном этапе разведанности можно сказать, что суммарные запасы этих трех месторождений соизмеримы с масштабами месторождения Кальмакыр.

В результате резкого возрастания запасы меди в Алмалыкском рудном поле по своим размерам приближаются к запасам меди такого крупного месторождения как Джекказган.

Суммарная ценность попутных компонентов на месторождениях



Дальнее, Северо-Западный Балыкты и Карабулак несколько ниже, чем на месторождении Кальмакыр, но все же составляет значительную величину, практически равную ценности основного компонента — меди (% от меди): серы — 29; свинца и цинка — 16; кобальта — 10; молибдена — 4; серебра — 3; рения — 3 и др.

Согласно данным технико-экономических расчетов, под воздействием научно-технического прогресса, выражающегося в совершенствовании технологии добычи руд и извлечении из них полезных компонентов в готовую продукцию, а также в улучшении технико-экономических показателей работы медного производства Алмалыкского ГМК, значительная часть этих запасов может быть принята на баланс.

Результаты анализа динамики роста запасов за предыдущие годы и геолого-геохимических особенностей Алмалыкского рудного поля показывают, что в ближайшие годы в Алмалыкском рудном поле запасы меди, редких металлов и других полезных компонентов будут возрастать. Значительный прирост запасов должен происходить за счет продолжения в 1972—1975 гг. геологоразведочных работ на месторождениях Дальнее, Северо-Западный Балыкты и Карабулак, а также за счет более полного и детального учета попутных компонентов.

Подводя итог сказанному выше, следует отметить, что геологоразведочными работами предыдущих лет в Алмалыкском рудном поле выявлены значительные запасы меди и редких элементов, выдвигающие Алмалыкское рудное поле на одно из первых мест в Советском Союзе и на весьма значительное — в мировом масштабе. В перспективе на ближайшие годы по Алмалыкскому рудному полю ожидается дальнейший прирост запасов меди и других полезных компонентов.

#### АНАЛИЗ РАЗВЕДАННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛЬМАКЫР

Месторождение Кальмакыр — наиболее разведанное в Алмалыкском рудном поле. За 47 лет со времени его открытия (1925 г.) на месторождении выполнен большой объем геологических работ: тематических, поисковых и разведочных. Результаты этих работ позволили дать высокую промышленную оценку месторождению и начать с 1954 г. его отработку открытым способом. На месторождении проведены различные виды разведочных работ. Предварительная разведка закончилась в 1933 г., детальная продолжалась с перерывами по 1965 г.

В 1930 г. на месторождении выполнена электроразведка и в 1931 г. — купрометрическая съемка. В дальнейшем основным видом работ являлось разведочное бурение. За время разведки на месторождении осуществлены основные виды геологоразведочных работ в следующем объеме:

Мелкое колонковое бурение	— 127	скважин	— 15725	пог. м
Глубокое колонковое бурение	158	«	76577	«
Ударное бурение	— 590	«	53100	«
Шурфы	— 32	«	1393	«
Горные работы тяжелого типа (штольни, расщечки)			— 3770	«
Поисковое бурение в окрестностях месторождения				
Колонковое бурение	16	скважин	— 6582	пог. м.
Ударное бурение	52	«	— 6205	«
Глубина разведки для различных видов бурения				
Мелкое колонковое бурение	52—281	м,	в среднем 124	м
Глубокое колонковое бурение	179—1107	м	(в среднем 485	м)
Ударное бурение	— 90	м.		

В зависимости от глубины бурения начальный диаметр колонковых скважин колеблется от 180 до 101 мм, конечный — от 110 до 56 мм (последний при алмазном бурении). Свыше 90% метража по глубоким скважинам пробурено диаметрами 101 мм и более, в то время как при бурении мелких колонковых скважин 95% метража пробурено диаметрами 85 мм и менее.

Существует прямая зависимость между диаметром скважин и выходом керна. Для зоны первичных руд выход керна снижается с 76% при диаметре 150 мм до 63% при диаметре 91 мм. По окисленной зоне выход керна по глубоким колонковым скважинам составил 63% и по мелким — всего 45%. Все скважины на месторождении вертикальные, за исключением трех глубоких колонковых.

Результаты систематизации и обработки большого фактического материала по искривлению глубоких колонковых скважин показали, что средняя интенсивность искривления зенитных углов этих скважин равна  $0^{\circ} 11' 42''$ . В отдельных скважинах искривление практически отсутствует.

Опробование и обработка проб на месторождении производились по следующей методике:

**Опробование колонковых скважин.** Поднятый из скважин керн опробовали путем деления его на две части по осевой плоскости. Одна из них оставалась в качестве дубликата пробы, а другая шла на дробление и приготовление навески для химического анализа. При низком выходе керна дополнительно (в редких случаях) брали пробу из шлама. Длина пробы в основном варьировала от 1 до 5 м.

**Опробование ударных скважин.** Весь материал с установленного интервала опробования (1 м) собирали в приемный чан и затем способом конверта отбирали необходимое количество материала (3 кг). Отобранная проба высушивалась на противне в специальном сушильном шкафу и затем поступала в обработку.

Пробы обрабатывали по схеме, рассчитанной по формуле Ричардса-Чечетта ( $Q = K^2$ ). Вначале значение  $K$  принимали равным 0,25, а затем с 1939 г. оно составляет 0,10. Изменению величины  $K$  предшествовали специальные экспериментальные работы.

За время разведки проделан большой объем химико-аналитических работ. Все пробы проанализировали на медь. На молибден, золото и серебро анализировали групповые пробы, состоявшие из единичных проб по длинам входящих в пробу интервалов. С 1962 г. длина групповых проб принята равной мощности рудных зон, но не более 25 м. Специально отобранные групповые пробы по рудным интервалам исследованы на серу, селен и теллур.

Мономинеральные и групповые пробы анализировали на рений, селен, теллур, индий, германий, галлий, таллий, висмут. Установленная по этим пробам зависимость распределения редких и рассеянных элементов обосновывает целесообразность подсчета запасов селена и теллура по запасам пирита и халькопирита; рения — по запасам молибденита; индия — по запасам халькопирита.

Для получения достоверных данных содержания рения в молибдене (имея в виду, что содержание молибдена в рудах невысокое) из участков с повышенным содержанием молибдена по керну составлены три сборные пробы, характеризующие участки месторождения. Из этих проб способом флотации получали молибденовый концентрат и анализировали его на содержание рения. Таким образом подтвердилось содержание рения в молибдените, ранее установленное по минеральным пробам.

Изучение рассеянных элементов в рудах месторождения началось в 1954—1955 гг. С. Т. Бадаловым, а затем продолжено в Алмалыкской

ГРЭ А. Ф. Зайченко и др. Результаты контрольных анализов дали возможность составить удовлетворительную оценку аналитического материала, положенного в основу подсчета запасов.

Данные о разведанности месторождения на глубину обосновывают утверждение, что подавляющее большинство глубоких колонковых скважин подсекло нижнюю границу балансовых первичных (сульфидных) руд. Предельная глубина ее составляет около 700 м. Еще более четко и детально эта граница установлена в площадном отношении (на флангах). Границу забалансовых руд также следует считать установленной на флангах и на глубину. Однако перспективы прироста запасов забалансовых руд более значительны, чем для балансовых. Меньшая степень разведанности забалансовых руд в первую очередь на флангах и на значительных глубинах (в остальной части месторождения детальность их разведки одинаковая с балансовыми) объясняется тем, что в процессе разведки кондиции менялись и только снижение промышленных кондиций в последние годы позволяет отнести данные руды к сорту забалансовых.

Результаты анализа материалов по месторождению Кальмакыр свидетельствуют о его достаточно полной разведанности (в целом), а также о возможности прироста запасов на флангах и на значительной глубине, в основном за счет доразведки забалансовых руд.

Произведенный в 1959 и 1966 гг. анализ густоты разведочной сети (С. А. Денисов, Е. Р. Бутьева и др.) методом разрежения и сопоставления разведочных запасов в контуре карьера с отработанными подтвердил, что запасы категории В в зоне окисления разведаны с ошибкой менее 5%.

Представляется интересным рассмотреть особенности распределения оруденения и морфологии рудных тел месторождения, оказывающие существенное влияние на методику разведки и подсчета запасов. Месторождение Кальмакыр характеризуется прерывистым распределением рудной минерализации, и контуры различных типов и сортов руд определяются в нем по результатам опробования.

Размеры значительной части отдельных кондиционных скоплений рудных тел сравнительно невелики. Крупные запасы месторождения слабаются из запасов весьма большого числа отдельных рудных тел; для достоверной индивидуальной оценки каждого из них требуется сгущение разведочной сети до 10—15 м и более. Такое сгущение нецелесообразно, так как при масштабах и принятой технологии отработки определение контура конкретного кондиционного скопления происходит попутно в процессе выемки. Поэтому на этапе разведки достаточно определить рудонасыщенность (коэффициент рудоносности) и качество руды для укрупненных частей месторождения с дополнением геометризации рудного штокверка в целом.

Верхняя часть штокверка, образованная под воздействием супергенных процессов, представлена пологозалегающим плащеобразным телом с неровными верхней и нижней границами, грубо повторяющими формы рельефа. Внутри этого тела оруденение распределено весьма прерывисто. На формах и характере распределения кондиционных скоплений отражаются как реликтовые условия распределения гипогенного халькопирита, так и распределение путей движения поверхностных вод и связанное с ними размещение участков выщелачивания и вторичного обогащения. Площадь распространения окисленных руд несколько больше площади первичных.

Первичное сульфидное оруденение, приуроченное к зоне экзоконтакта гранитоидов с вмещающими сиенито-диоритами и кварцевыми

порфирами, образует вытянутое с юго-запада на северо-восток штокверковое тело. В юго-западной части форма штокверка осложнена и он, облекая Кальмакырский шток гранодиорит-порфиров, принимает вид опрокинутой чаши с неровными бортами, падающими в стороны от контактов под углами  $40-60^\circ$ .

Распределение минерализации внутри штокверка характеризуется существенным обогащением зоны экзоконтакта вблизи штока гранодиорит-порфиров, резким снижением концентрации рудных элементов при переходе в породы штока и весьма постепенным ее понижением в противоположном направлении. Кондиционные скопления рудных компонентов имеют линзообразную и жиллообразную формы и согласно падают в стороны от контакта под углами  $40-60^\circ$ . Конфигурация общего контура штокверка в значительной мере зависит от уровня бортового содержания, принятого для оконтуривания. Установленное на последнем этапе изучения месторождения бортовое содержание обеспечивает достаточно простую форму единого штокверка, что подтверждает соответствие его характеру распределения оруденения.

Изменчивость содержания в разведочных пересечениях существенно различна для окисленных и первичных руд. Коэффициент вариации в первом случае равен  $28-30$ , во втором  $12-15\%$ . Изменчивость мощности значительно выше и коэффициент вариации в обоих случаях около  $70\%$ .

В результате длительного и сложного изучения месторождения Кальмакыр накоплен большой опыт постановки и разрешения методических вопросов в области различных этапов разведки прожилково-вкрапленного штокверкового медного оруденения. Первоначальные оценки месторождения (Б. Н. Наследов) опирались на результаты обследования площадных выходов минерализованных пород и данные электроразведки. Решающую роль в них сыграли критерии аналогии, согласно которым образование Кальмакыра представлялось как результат развития супергенных процессов, сопровождавшихся вторичным обогащением. Это представление определило методику изучения и разведки месторождения на первом этапе. Прежде всего проводилось систематическое изучение поверхности методом купрометрической съемки. Позже выяснилось, что этот метод обеспечил быстрое и надежное оконтуривание площадей возможного распространения медной минерализации.

Представление о вторичном генезисе оруденения Кальмакыра повлекло за собой вывод о его пологом залегании, максимальной изменчивости по вертикали и ограниченной глубине распространения. Все это определило выбор методики разведки вертикальными колонковыми скважинами. Густота сети предварительной разведки ( $100 \times 100$  м) принята по аналогии без особого обоснования. Разведка месторождения Кальмакыр по принятой методике осуществлена в рекордно короткие сроки.

В результате систематизации и анализа разведочных материалов можно сделать заключение, что разведочная сеть  $50 \times 50$  м для месторождения Кальмакыр излишне густа и для большей части площади достаточно было бы сети  $100 \times 100$  м. Такой вывод обосновывается данными сопоставления объема годовой добычи предприятия с числом скважин, характеризующим оруденение.

На первом этапе, как уже указано, разведка осуществлялась на ограниченную глубину. Систематическое вскрытие в окончаниях скважин первичного медного оруденения привело к переоценке месторождения и пересмотру представлений о процессе его формирования. Известное до того по выходам на поверхность медное оруденение стало рассматрива-

ться лишь как верхняя окисленная часть месторождения, в целом оно представлялось крупным объектом первичных прожилково-вкрапленных руд (А. В. Королев).

Переход к детальной разведке первичных руд потребовал новых методических решений. Резко возросшая глубинность бурения заставила отказаться от применения ударного бурения. Штокверковый характер оруденения и неоднозначность увязки кондиционных интервалов между скважинами обусловили применение вертикальных скважин и отказ от наклонных.

Наиболее действенным средством повышения эффективности дробового бурения оказалось увеличение диаметра скважин. Экспериментальными исследованиями установлено и количественно оценено проявление избирательного истирания керна и занижение по этой причине содержания меди в окисленных рудах на 14% и в первичных на 6—8% (Л. С. Денисов).

Анализом огромного материала по документации скважин и эксплуатационных карьеров установлена низкая достоверность локальных кондиционных контуров оруденения и необходимость применять в месторождениях подобного типа (штокверкового) статистические методы для оценки и подсчета запасов. Это необходимо еще и потому, что в таких месторождениях отмечается весьма тесная зависимость между масштабом и экономическими показателями эксплуатации. Оптимальная оценка может быть найдена только путем сравнения различных вариантов подсчета. Статистическим методом можно выполнить любое количество вариантов без существенного повышения трудоемкости.

Густота разведочной сети при разведке первичных руд принималась также по аналогии первоначально  $100 \times 100$  м. Затем такая сеть была оставлена для запасов категории В и для категории С принимали сеть  $200 \times 100$  и  $200 \times 200$  м. Поиски в перспективных участках, выделяемых по геологическим критериям или по геофизическим данным (магнитометрия), осуществляли путем разбуривания по сети  $400 \times 400$  м. Разведка до категории В на значительные глубины явно нецелесообразна и основной промышленной категорией для месторождений подобного типа остается категория С.

Опыт, накопленный в период разведки месторождения Кальмакыр, показывает, какое важное значение имеет ускоренное определение общих площадных масштабов месторождения. Поэтому для его оценки, а иногда и выявления (пример Дальнего), наиболее эффективно проходка скважин в двух взаимно перпендикулярных направлениях, образующих «крест», и в зависимости от результатов этих профилей — установление густоты разведочной сети и темпов ее осуществления.

При разведке месторождения Кальмакыр особое внимание уделялось оценке сопутствующих полезных компонентов, благодаря чему его ценность увеличилась примерно втрое.

#### ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА РАЙОНА НА МЕДНО-ПОРФИРОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ

На основе результатов анализа фактических материалов геологосъемочных и геологоразведочных работ, геохимических и геофизических исследований, выполненных по району в последние 15—20 лет, выявлены основные закономерности формирования и размещения медных месторождений и разработаны основные принципы и методы поисков глубинного оруденения.

Главные принципы научного прогнозирования месторождений полезных ископаемых основываются на данных анализа рудоконтролиру-

ющих факторов и целенаправленном использовании их в повседневной работе геологоразведочных партий (Основы научного прогноза..., 1971).

На размещение полезных ископаемых в Алмалыкском районе оказывают важнейшее влияние такие рудоконтролирующие факторы, как структурный, магматический, литологический, геохимический и глубины эрозийных срезов. Между ними существует тесная взаимосвязь и взаимозависимость, но влияние каждого фактора на разных этапах геологической истории развития района различно.

Изучение геохимии рудных элементов — меди, свинца, цинка молибдена и золота — вскрыло много общих черт в их поведении, минерализации и условиях распределения в породах Алмалыкского района. Распределение рудных элементов в породах и минералах и их концентрация в месторождениях находятся в прямой зависимости. Средние содержания рудных элементов в неизменных породах района, превышающие в 3—5 раз кларковые, могут служить прямым признаком на поиски в этих породах промышленных месторождений. Средние содержания меди в первичных неизменных породах каледонского комплекса ниже кларковых (0,5—0,7), в герцинском — в пределах кларка или выше его.

По содержаниям рудных элементов в первичных неизменных породах каледонского и герцинского комплексов в районе можно выделить группы пород, характеризующихся положительной геохимической специализацией на медь и молибден. В каледонском комплексе — это андезито- и андезито-дацитовые порфиры нижнего девона и кварцевые порфиroidные монцониты, в герцинском — диабазовые порфириты минбулакской свиты, диориты и сиенито-диориты Алмалыка, гранодиорит-порфиры алмалыкского, джаныбекского и куюндинского типов, а также гранодиорит-порфиры «черные».

Перечисленные типы пород относятся к конечным продуктам каледонского, начальным и конечным этапам герцинского циклов тектогенеза и отличаются повышенной основностью и щелочностью. Подсчет запасов рудных элементов в неизменных породах района по данным геохимического опробования показал, что в них сосредоточены огромные запасы цветных металлов, которые в ходе гидротермальной проработки пород могут дать промышленные концентрации. При сопоставлении удельных запасов меди и молибдена в 1 км<sup>3</sup> неизменной породы установлено, что большие количества рудного вещества содержат метаморфические сланцы O—S, андезитовые и андезито-дацитовые порфиры нижнего девона в каледонском комплексе и диабазовые порфириты минбулакской свиты, диориты, сиенито-диориты гранодиорит-порфиры куюндинского, алмалыкского, джаныбекского типов и «черные», а также кварцевые порфиroidные сиенито-диориты С<sub>3</sub>. По-видимому, эти породы и явились основным источником рудного вещества при образовании месторождений Алмалыкского района.

По меди наиболее перспективны в западной части района: 1) контакт сланцев O—S и кварцевых порфиroidных монцонитов D<sub>1</sub>; 2) контакт сланцев O—S и гранитов S—D; 3) южный контакт известнякового массива Каратагата; 4) район рудопроявления Нижнекаульдинское; 5) к востоку от рудопроявления Арабулак, сопряжение Баштавакского, Арабулакского и Кулюксайского разломов.

Характерной особенностью района является глыбовый характер тектоники. Блоковое строение его связано с развитием крупных разломов субширотного и северо-восточного простираний, вдоль которых происходят перемещения земной коры и приходят в соприкосновение геологически разнородные и разновозрастные породы. Таких разломов в ра-

йоне пять: Поперечный, Алмалыкский, Чайдарский, Кандырский и Баштавакский. Это — глубинные долгоживущие структуры, действующие на протяжении всей геологической истории района, в течение каледонского и герцинского циклов тектоно-магматизма.

Однако геохимическая специализация пород района на медь не привела бы к образованию крупных промышленных месторождений, если бы она не сочеталась с благоприятными магматическими и структурными факторами.

Важная роль магматического фактора доказывается установленной для подавляющего большинства медно-порфировых месторождений Советского Союза и мира связью с малыми интрузиями гранодиорит-порфиров. На связь медно-порфирового месторождения Кальмакыр с гранодиорит-порфирами алмалыкского типа указывали в своих работах Б. Н. Наследов, А. В. Королов, М. П. Русаков и др.

Учитывая эту связь, в 1959 г. были начаты работы по планомерному глубинному картированию района с целью выявления малых интрузий гранодиорит-порфиров и изучения закономерностей в их размещении. Работы выполнялись на основе широкого привлечения комплекса геологических, геофизических и геохимических методов и привели к открытию ряда новых рудоперспективных участков (Вольфсон, Гарьковец, Хваловский, 1961, 1963, 1964; Федорова, 1963 и др.).

При поисках скрытых гранодиорит-порфировых интрузий наилучший эффект получен при комплексировании магнитной съемки с металлотометрической. Установлено, что области расчленения как скрытых, так и выходящих на поверхность гранодиорит-порфиров отмечаются пониженными магнитными полями, четко фиксируемыми на фоне интенсивных резко меняющихся полей, характерных для окружающих сиенито-диоритов. Возникновение пониженных полей объясняется тем, что под воздействием гидротермальных процессов, проявившихся в экзоконтактах штоков гранодиорит-порфиров, аксессуарный магнетит сиенито-диоритов переходит в немагнитные минералы (гематит и др.).

При глубоком эрозионном срезе (Кальмакырское рудное поле) весь участок развития гранодиорит-порфирового интрузива характеризуется пониженным, часто отрицательным магнитным полем, а отдельные апофизы, выходящие на поверхность, картируются по локальным положительным аномалиям интенсивностью в 250—500 гамм (шток Джаныбек, частично шток Акчеку). Если же гранодиорит-порфировый интрузив располагается на значительной глубине от дневной поверхности, то в магнитном поле наблюдаются только локальные минимумы (месторождение Дальнее). Дополнительную информацию о наличии глубинной интрузии гранодиорит-порфиров дает металлотометрическая съемка. С областью минимумов магнитного поля совпадают ореолы рассеяния меди, молибдена и золота, что позволяет положительно решать вопрос о присутствии рудоконтролирующего интрузива на глубине.

В результате исследований на шести участках обнаружены тела гранодиорит-порфиров и на трех из них встречена медная минерализация.

В дальнейшем была предпринята попытка установить закономерности пространственного размещения малых интрузий гранодиорит-порфиров. Анализ материала показал, что эти интрузии группируются в линейно вытянутые зоны северо-западного простирания. Полученные данные подтверждают важное для прогноза представление о контроле малых интрузий и связанного с ними медно-порфирового оруденения северо-западными глубинными разломами фундамента.

В результате комплексной интерпретации материалов выявлена зона Алмалыкского глубинного разлома и закартированы две его ветви.

Одна из них, названная Накпайским глубинным разломом фундамента, шириной 4 км, объединяет все известные штоки гранодиорит-порфиров и месторождения Кальмакыр, Акчеку, Джаныбек. Вторая зона, параллельная первой, названная Балыктинским глубинным разломом фундамента, прослеживается на левобережье р. Алмалык (прежде она считалась мало перспективной в отношении медного оруденения). Буровая разведка подтвердила предположение о рудоконтролирующем значении этой структуры, и, в конечном счете, в пределах Балыктинской зоны были выявлены три месторождения — Дальнее, Балыкты и Карабулак, что позволило примерно удвоить запасы района по меди.

Алмалыкский разлом, состоящий из Балыктинской и Накпайской ветвей, четко проявляется в магнитном и гравитационном полях района. Магнитной съемкой установлено, что этот разлом наиболее отчетливо выявляется в местах его пересечения с северо-восточными широтными нарушениями, где, по-видимому, возникали благоприятные условия для формирования малых интрузий гранодиорит-порфиров и проникновения рудных растворов. Соответственно выделены прогнозно перспективные участки Балыктинской зоны, которые по ходу геологоразведочных работ оформились как месторождения. Алмалыкский разлом характеризуется пониженными значениями скорости распространения упругих колебаний. Он отчетливо выделяется широкими аномалиями вызванной поляризации, ярко фиксируется полосой рассеяния меди, окаймленной ореолами рассеяния свинца. Это указывает на первичную горизонтальную зональность оруденения по отношению к штокам гранодиорит-порфиров.

Разлом в плане представляет собой сложную «ступенчатую» структуру, состоящую из отдельных фрагментов, смещенных по поперечным нарушениям; это отчетливо проявляется в магнитном поле и иногда по отдельным нарушениям смещение достигает 1—3 км. Бурением в северном крыле Мисканского разлома подтверждено предположение о смещении северной части месторождения Сарычеку относительно южной.

Данные о положении глубинного разлома способствовали выявлению некоторых закономерностей размещения интрузивных образований района. Выяснилось, что между ветвями разлома располагаются габбро и диориты, относящиеся к 1-й и 2-ой фазам интрузивного цикла; к западу от разлома — породы четвертой фазы, среди которых преобладают кварцевые сиенито-диориты; наконец, сами ветви разлома вмещают рудоконтролирующие интрузивы гранодиорит-порфиров, рассматриваемые некоторыми исследователями (Е. М. Головин, Л. А. Юрьева, 1963) как последняя фаза Алмалыкского интрузивного комплекса. Зональность в размещении продуктов магматизма относительно Алмалыкского разлома свидетельствует о том, что этот разлом в течение длительного времени был основным магмовыводящим каналом и поэтому его можно расценивать как главную структуру Алмалыка.

Схема формирования месторождений достаточно сложна. Процесс этот является следствием интенсивных тектонических и постмагматических явлений, происходивших в зоне Алмалыкского разлома. При этом в результате тектонических движений, сопровождавших внедрение и становление интрузий гранодиорит-порфиров, произошло раздробление огромных масс пород (сиенито-диоритов), являвшихся носителем и источником значительных количеств меди. Под воздействием постмагматических гидротермальных растворов происходит мощный и многостадийный процесс метасоматического преобразования пород, сопровождавшийся превращением их в кварциты, мобилизацией и переотложением рудных компонентов, а также возникновением прожилково-вкрапленного оруденения.



Характер размещения оруденения в пределах двух выделенных ветвей Алмалыкского разлома — Накпайской и Балыктинской — позволяет рассматривать их как меднорудные зоны, а участки пересечения с северо-восточными разломами как рудные поля.

Выявление в пределах указанных рудных зон месторождений Дальнее, Балыкты и Карабулак подтверждает правильность сделанных прогнозных построений и свидетельствует о необходимости продолжения планомерных поисковых работ на северо-западном и юго-восточном продолжениях этих зон. В разряд первоочередных площадей для поисковых работ следует отнести участок, расположенный в южной части Алмалыкского рудного поля, в месте пересечения Алмалыкского глубинного и Бургундинского разломов. В пользу перспективности участка свидетельствует не только его благоприятная позиция, но и наличие интервалов с промышленным медным оруденением в единичных разобщенных скважинах, бурившихся на участке для проверки геофизических аномалий.

Так же перспективной на медь является площадь под городом Алмалыком, куда продолжается Накпайская и Балыктинская рудные зоны и где ожидается выявление нового Северо-Алмалыкского рудного поля. При разбуривании здесь профиля проверочных скважин под покровом мезо-кайнозоя мощностью от 30 до 100 м вскрыт разрез, аналогичный разрезам, наблюдаемым на известных медно-порфировых месторождениях, расположенных южнее.

Скважины подсекли габбро, диориты и сиенито-диориты, прорванные малой интрузией гранодиорит-порфиров алмалыкского типа. Все перечисленные породы оказались интенсивно гидротермально измененными и пиритизированными. Одна из скважин (участок Левобережный) подсекла вторичные кварциты с содержанием меди до 0,4%.

Необходимо проведение детальных геолого-геофизико-геохимических исследований и в южной части Саукбулакского рудного поля, в месте пересечения Алмалыкского глубинного разлома Колбулакским. Эта площадь слабо изучена и по своей геолого-структурной позиции представляется весьма перспективной на медно-порфировое оруденение.

Говоря об Алмалыкском глубинном разломе как об основной рудо-контролирующей структуре района, следует иметь в виду, что по геофизическим данным он прослеживается за пределами Алмалыка на северо-запад и пересекает юго-западные отроги Чаткальского хребта. Здесь по совокупности благоприятных геолого-геофизических признаков выделяется перспективный на медно-порфировое оруденение Акчабалгаинский участок.

На участке выполнен очень небольшой объем поисковых работ, в результате которых пока выявлено несколько жильных рудопроявлений золота, ассоциирующих с медной минерализацией.

Положительные результаты, полученные в процессе изучения Алмалыкского глубинного разлома, привлекли внимание многих исследователей (И. Б. Федорова, В. Ф. Викторов, А. Т. Рахубенков, В. Н. Петров, П. В. Храмышкин и др.) к аналогичным структурам северо-западного простирания — Поперечному, Чайдарскому, Кандырскому, Баштавакскому и другим разломам.

В настоящее время изучение северо-западных глубинных разломов района является одним из надежных путей поисков глубинного оруденения, а в качестве наиболее перспективных участков рассматриваются узлы сопряжения этих разломов с северо-восточными и субширотными структурами.

В местах сопряжения Карабулакского и Кальмакырского разломов с глубинными — Поперечным, Алмалыкским, Чайдарским — можно выделить перспективные площади: Бургундинское и Алмалыкское рудные поля, низовья рек Ташкутан, Саукбулак и Ургаз, благоприятные для поисков медно-молибденового, полиметаллического и золотого оруденений. В сопряжении Бургундинского разлома с перечисленными выше глубинными разломами выделяются перспективные площади Апантепе, Кулемес, Нижнекаульдинская, Надырбек, Родниковое. Сопряжение Мисканского разлома с Баштавакским, Поперечным, Алмалыкским, Чайдарским дает следующие перспективные площади поисков: Халдырсай, Катранги, Кульчулак, Мискан, Сарычеку, Коктепе, Каттану. Сопряжение Колбулакского разлома с перечисленными глубинными разломами дает площади Южный Чилик, Южный Саукбулак и Ургаз, Шаугаз и Янгоклы.

Перечисленные выше известные перспективные площади, месторождения и рудопроявления могут быть дополнены другими, менее известными, перспективность которых еще не определена. К ним относятся участки Арабулакский, Кулюсайский, Акташский в сопряжениях Баштавакского разлома с Джангалыкским, Арабулакским и Кулюксайским разломами; уч. МЫнжилки в сопряжении Алмалыкского и Лашкерекского разломов и участки Кошрабат и Бука в сопряжениях Кандырского с Агальматолитовым и Культинским разломами.

Обращает на себя внимание весьма характерная особенность пространственного размещения штокверкового и контактово-метасоматического типов оруденения. На месторождении Кальмакыр рудовмещающие сиенито-диориты находятся между диоритовой интрузией и штоками гранодиорит-порфиоров. Такое положение рудовмещающей толщи обеспечивает наиболее благоприятные условия ее дробления и гидротермальной проработки.

На месторождении Дальнем рудовмещающие сиенито-диориты  $S_2$  находятся между диоритами  $S_2$  и кварцевыми мелкозернистыми сиенито-диоритами  $S_3$  или кварцевыми порфирами  $D_1$ . На месторождении Сарычеку рудовмещающие кварцевые порфиры находятся между андезитовыми порфиритами  $D_1$  и экранирующей дайкой гушсайских гранодиорит-порфиоров.

Если же имеются только две разнородные среды, как на месторождении Кургашикан, рудопроявлении Кулемес и других, то на контакте их образуется контактово-метасоматические или трещинно-метасоматические тела. В однородной среде могут возникать только трещинные или жильные тела (Бичанзор, Қаламыш-Кургашикан, группа кызатинских рудопроявлений), параметры которых безусловно значительно уступают двум первым типам.

В зависимости от пространственного положения различных типов оруденения и физико-химических особенностей рудовмещающих сред находится и развитие различных типов гидротермального изменения пород. Для штокверковых зон характерны крупные поля развития окварцевания, серицитизации и хлоритизации. Причем процесс хлоритизации протекает в контакте диоритов и сиенито-диоритов, серицитизация развивается над сиенито-диоритами и окварцевание приурочено к контакту сиенито-диоритов и гранодиорит-порфиоров. В контактово-метасоматических зонах оруденение сопровождается узкими локальными зонами скарнов — эпидот-хлоритовыми образованиями и реже окварцеванием и серицитизацией. Трещинные и жильные тела сопровождаются преимущественно линейными зонами окварцевания или серицитизации.

Изучение окolorудных изменений пород на месторождениях Кальмакыр, Сарычеку и других выявило, что между оруденением и изменениями существует прямая генетическая связь. Иными словами, изменения пород не предшествуют рудному процессу, а сопровождают его. Поэтому интенсивность и масштабы проявления окolorудных изменений могут свидетельствовать об интенсивности и масштабах проявления рудного процесса.

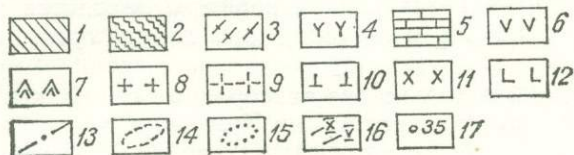
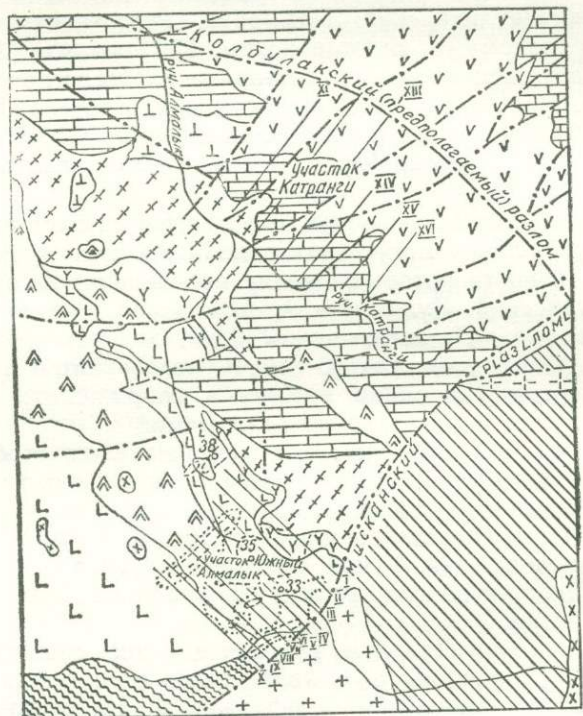


Рис. 21. Схема геологического строения юго-западного блока с рудопроявлениями меди (Южно-Алмалыкское), свинца и цинка (Катранги, Кульчулак): 1 — метаморфические сланцы; 2 — песчано-сланцевая толща; порфиры: 3 — кварцевые, 4 — андезитовые; 5 — карбонатная толща; 6 — эффузивы акчинской свиты; 7 — сенинты, сенинто-диориты; 8 — биотитовые граниты; 9 — гранодиориты кураминского типа; 10 — монзониты Катранги; 11 — гранодиорит-порфиры; 12 — аляскиты; 13 — разломы; контур аномалий: 14 — меди, 15 — молибдена; 16 — биогеохимические профили; 17 — номера обнажений с медной минерализацией.

Пространственные закономерности распределения эндогенного оруденения в Алмалыкском районе в значительной степени определяются глубинами эрозионных срезов. В Центральном блоке глубина среза наименьшая, в Северном — она увеличивается. Южный блок имеет большую глубину эрозионного среза и, наконец, южная и юго-восточная части Алмалыкского района имеют максимальную глубину эрозионного среза. В зависимости от этого для различных частей района зафиксиро-

ваны четко выраженные вертикальная и горизонтальная зональности распределения оруденения. На месторождении Дальнем установлена незначительная глубина эрозионного среза и здесь интенсивность оруденения увеличивается с глубиной, особенно по содержаниям молибдена.

На месторождении Сарычеку глубина эрозионного среза увеличивается и возрастают (до 0,012—0,015%) содержания молибдена, но содержания меди с глубиной резко падают. В юго-восточной части района, на рудопроявлении Янгоклы содержания молибдена возрастают до сотых долей и 1% и исчезают содержания меди. По-видимому, здесь эрозионным срезом вскрыты корневые части медно-молибденового оруденения.

Приведенные примеры свидетельствуют о возможности использования глубины эрозионного среза в качестве важнейшего критерия поисков глубинного оруденения.

Известные промышленные рудные объекты Алмалыкского района располагаются в пределах трех тектонических блоков: Северного, Центрального и Южного, отделенных друг от друга двумя крупными пограничными разломами — Бургундинским и Мисканским. Северный и Южный блоки представляют собой поднятия, где размещены медно-молибденовые с золотом и свинцово-цинковые месторождения (Кальмакыр, Дальнее, Сарычеку, Кургашинкан, Коктепе, Мискан и др.). В Центральном депрессионном блоке пока известны свинцово-цинковые, медные и золоторудные рудопроявления. Более или менее крупные из них тяготеют к границе приподнятых блоков или находятся в пределах депрессионного блока. Это установлено в 1969 г. при обнаружении Р. А. Мусиным и Дж. Матчановым новых рудопроявлений, а также при изучении рудоносной площади в верховье р. Алмалык вблизи Мисканского разлома.

Площадь, названная Южно-Алмалыкской, а также прилегающий к ней участок Катрангинского свинцово-цинкового месторождения в существующих схемах отнесены к Центральному блоку. Они считались малоперспективными в отношении выявления медных и свинцово-цинковых месторождений. Этим в основном и объясняется то, что юго-западная часть Центрального блока оказалась слабо изученной. Только на месторождении Катранги проводились поисково-разведочные работы, но прилегающие площади почти не опоскованы (рис. 21).

При анализе условий проявления оруденения данной площади выявлена принадлежность ее к самостоятельному блоку — поднятию, сходному с Северным и Южным блоками. Причем, это сходство прежде всего выражено в пространственном сближении медно-молибденовых и свинцово-цинковых месторождений, весьма характерных для промышленных рудных полей Алмалыкского района.

Южно-Алмалыкская площадь, как и весь район, изучались многими исследователями. Специальные поисково-ревизионные работы проведены отрядами Алмалыкской ГРЭ в 1956 г. (И. Б. Федорова, В. Б. Тохсыров). При этом обнаружено несколько точек с медной минерализацией.

Отрицательные результаты металлометрических методов поисков, вероятно, обусловлены большими мощностями наносов. Поэтому в 1971 г. Р. М. Талиповым выполнены биогеохимические поиски. Полученные материалы свидетельствовали о наличии аномалий меди, молибдена, свинца и серебра, примерно совпадающих с прогнозными контурами. Суммарная площадь аномалии меди составляет около 0,15 км<sup>2</sup>.

Изученный участок расположен в бассейне р. Алмалык, в 15 км южнее г. Алмалык. Площадь его сложена нижнедевонскими эффузивами, карбонатными породами среднего палеозоя, породами сиенито-

диоритового комплекса карбона и аляскитами. Весь этот комплекс пород прорван штокообразными и дайкообразными телами пермских гранодиоритов. Нередко встречаются дайки диабазовых порфиритов.

Указанный комплекс пород характерен только для приподнятых блоков, где располагаются месторождения собственно Алмалыкского и Саукбулакского рудных полей. Следовательно, Южно-Алмалыкская площадь с проявлениями меди и прилегающей к ней площадью Катрангинского рудопроявления представляет собой самостоятельный, третий в Алмалыкском районе, перспективный приподнятый блок, названный Западным.

Граница блока с северо-востока проходит по водоразделу Катранги-Каульды, где предполагается западное продолжение Колбулакского разлома. Этот разлом на существующих тектонических схемах ограничивается Мисканским разломом, западнее которого Колбулакский не отмечается. Разлом, проходящий вблизи рудопроявлений золота Бичанзор как восточное ответвление Бургундинского, вероятно, является также продолжением Колбулакского и одновременно северной границей Западного блока (рис. 21).

Юго-восточной границей Западного блока служит Мисканский разлом, северо-западной — Бургундинский. Юго-западный контур блока не имеет естественной границы. Подобное явление характерно и для Северного блока, куда входит Алмалыкское рудное поле. Между тем в обоих блоках границы собственно рудных полей достаточно четко очерчены северо-восточной линией выходов нижнепалеозойских толщ. Характерной особенностью районов распространения этих толщ является выклинивание нижнедевонских эффузивов, среди раннегерцинских интрузивов метно участие гранодиоритов, гранитов.

Внутри рудного поля имеется серия мелких разломов, являющихся апофизами Мисканского и Колбулакского разломов. Видимая медная минерализация установлена среди выходов измененных мелкозернистых сиенито-диоритов. Оруденелые сиенито-диориты, сочетающиеся с выходами пермских порфировых гранитоидов, девонских эффузивов и аляскитов, установлены вблизи русла р. Алмалык по его правому и левому бортам (рис. 23).

Суммарная площадь двух выходов (обн. 33, 35) сиенито-диоритов с видимой минерализацией составляет около  $0,02 \text{ км}^2$ , что примерно соответствует площади биогеохимических аномалий. На участках с видимым медным оруденением отдельные пробы содержат до 0,4% меди. В Алмалыкском районе подобных точек с медной минерализацией очень много.

Протяженность оруденелой площади вдоль русла р. Алмалык доходит до 1 км, при ширине естественных выходов около 0,5 км. Учитывая, что значительная часть выхода сиенито-диоритов скрыта под наносами и не изучена, оруденелая площадь может быть увеличена в несколько раз. На данной площади представлен весь комплекс благоприятных факторов, контролирующих промышленное медное оруденение в Алмалыкском районе. Результаты анализа накопленного материала указывают на то, что медное оруденение здесь может достигнуть промышленных концентраций. Из основных рудоконтролирующих факторов назовем следующие:

В региональном плане оруденение контролируется пенепленизированной поверхностью башкирского структурного яруса, образованного отложениями  $C_2 + P_2$  и подвергнутого интенсивному латеритному континентальному выветриванию.

На поверхности указанного яруса высокие содержания меди и сопутствующих элементов тяготеют к блокам с длительной тенденцией к воздыманию.

В пределах поднятий медное оруденение сосредоточено в раннегерцинских интрузивах, реже в их экзоконтактах. Интрузивы отличаются повышенной щелочностью и сформированы в постскладчатый период за счет полного замещения нижнедевонских эффузивов с частичным захватом карбонатных толщ  $D_2-C_1$ , покрывающих эффузивы.

Участие эффузивов порфиритовой формации в качестве первоначальной кровли является важным рудоконтролирующим фактором, хотя оно и недоступно непосредственному наблюдению. Это вытекает из факта установления глубины формирования интрузива.

Рудовмещающие раннегерцинские интрузивы в свою очередь прорываются пермскими малыми порфиристыми интрузивами. Масштабы оруденения определяются оптимальными размерами и количеством малых интрузивов (неблагоприятны слишком большие или очень малые значения).

Наличие интенсивных метасоматических изменений, проявленных в несколько стадий (этапов), разделенных между собой значительными перерывами, является прямым следствием воздействия комплекса факторов.

На основании имеющегося обширного и разностороннего материала по месторождениям Алмалыка можно наметить три основных источника дальнейшего расширения перспектив медно-порфиристого оруденения в Алмалыкском рудном районе.

1. Проведение дополнительных геологоразведочных работ на выявленных месторождениях как геологическими организациями, так и Алмалыкским ГМК.

2. Выявление новых месторождений.

3. Снижение промышленных кондиций.

Выше уже говорилось, что на месторождении Кальмакыр в пределах перспективного контура отработки карьера имеются возможности дополнительного прироста запасов меди (около 20%), в основном за счет доразведки забалансовых руд. Часть этих запасов залегает в более глубоких участках по периферии месторождения и будет обрабатываться карьером через десятки лет, поэтому целесообразнее проводить их доразведку накануне и в процессе отработки участков карьера, заключающих в себе эти руды.

Вполне естественно также ожидать прирост запасов и в процессе доразведки и эксплуатации месторождений Дальнее, Северо-Западный Балыкты, Карабулак и Сарычеку. Это подтверждается результатами геологоразведочных работ Алмалыкской ГРЭ и Алмалыкского ГМК за 1968—1971 гг., на основании которых, несмотря на их незначительный объем, выявлены новые рудные тела: на участке Малый Кальмакыр, к югу от месторождения Кальмакыр, на стыке месторождений Дальнее и Кальмакыр и на месторождении Сарычеку.

Перспективы выявления новых медно-порфиристых месторождений становятся особенно очевидными, если учесть, что более 95% выявленных руд размещено на площади в 20 км<sup>2</sup>, составляющей всего лишь 2,5% от общей площади района. На остальной территории также имеются благоприятные условия для локализации медно-порфиристого оруденения (наличие контактов гранодиорит-порфиристов с породами сиенито-диоритового ряда и кварцевыми порфирами, присутствие тектонически ослабленных зон с комплексами гидротермальных изменений, аналогичными характерным для медно-порфиристого оруденения в Алмалыкском и Саукбулакском рудных полях. По перспективности на обнаружение новых месторождений в первую очередь следует выделить следующие

площади: Алмалыкское и Саукбулакское рудные поля, восточную и юго-западную части Алмалыкского рудного района.

В Алмалыкском рудном поле значительный интерес представляет направление и амплитуда смещения отдельных участков месторождений относительно друг друга. Так, если предположить, что месторождение Карабулак является частью уч. Малый Кальмакыр, то тогда северное продолжение месторождения Дальнее необходимо искать еще далее к западу.

Значительны перспективы обнаружения месторождения в районе рудопроявлений к северо-западу и к северу от месторождения Дальнее в районе гор. Алмалыка, а также между участками Балыкты — Кулемес и Джаныбек. В Саукбулакском рудном поле наиболее перспективна площадь, прилегающая к месторождению Сарычеку.

В восточной части Алмалыкского района, а также в Центральном и Южном блоках проверке на молибденово-медное оруденение подлежат значительные площади, включая и перекрытые мезо-кайнозойскими отложениями. Значительное внимание при этом будет уделено поискам скрытого оруденения. Предполагается применение большого комплекса самых различных методов, в том числе и разведочного бурения на различные глубины.

Таким образом, можно сделать заключение, что по полученным геологическим и минералого-геохимическим данным в Алмалыкском районе имеются все предпосылки выявления новых месторождений, не уступающих месторождениям Кальмакыр и Дальнее.

Весьма значительны также в Алмалыкском районе перспективы прироста запасов молибденово-медных руд за счет снижения промышленных кондиций. Значительны они прежде всего потому, что молибденово-медные месторождения Алмалыкского района находятся в благоприятных экономико-географических и горно-технических условиях, позволяющих Алмалыкскому ГМК производить более дешевую медь из значительно более бедных руд, чем из уральских колчеданных или джезказганских медистых песчаников. Этому способствуют также высокая комплексность руд месторождений Алмалыкского рудного района и масштабы месторождений, обеспечивающие достижение высокой концентрации и механизации горных работ.

В перспективе за счет снижения промышленных кондиций балансовые запасы медно-порфировых руд района, возможно, увеличатся в 2—3 раза.

## Часть вторая

# ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### Глава I. НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ КРУПНЫХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Высокая комплексность месторождений Алмалыка, возможность их отработки открытым способом, сравнительная простота технологии добычи и переработки, а также значительные масштабы концентраций различных полезных компонентов указанных месторождений обуславливают высокую народнохозяйственную ценность данных месторождений и предопределяют необходимость научно обоснованного подхода к их экономической оценке.

Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. намечено увеличение промышленного производства на 42—46%. При этом предусматриваются опережающие темпы развития отраслей, определяющих технический прогресс, в том числе и сырьевых, главная задача которых — обеспечить народное хозяйство сырьем и материалами высокого качества в необходимом количестве и ассортименте. Указывается также, что одним из обязательных условий выполнения Директив съезда является дальнейшее совершенствование планирования, а также научно обоснованного прогнозирования и всесторонней разработки экономических проблем научно-технического прогресса.

В докладе на XXIV съезде КПСС Председатель Совета Министров СССР товарищ А. Н. Косыгин отметил, что «...народнохозяйственный план должен во всех разделах базироваться на научно-техническом прогрессе». Такой подход к планированию создает возможность достижения максимальной экономичности работы предприятий и наибольшей эффективности капиталовложений. Особенно важен учет научно-технического прогресса и других факторов времени на предприятиях горнодобывающей промышленности, так как здесь он, пожалуй, как ни в какой другой отрасли облегчает планомерное расширение предприятий и резко сокращает непроизводительные эксплуатационные затраты, связанные с незапланированным расширением и реконструкцией рудников.

В горнодобывающей промышленности на пятилетие намечается развитие открытого способа разработки месторождений, особенно крупными карьерами. В связи с этим в настоящее время важное значение приобретает проблема обоснования эффективности освоения крупных месторождений полезных ископаемых, разрабатываемых или намечаемых к разработке открытым способом.

Ниже приводятся данные о влиянии факторов времени на эффективность разработки месторождений и предлагается методика динамического обоснования эффективности освоения крупных рудных месторождений.



## ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВРЕМЕНИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

На эффективность разработки крупных месторождений полезных ископаемых значительное влияние оказывают факторы времени, проявляющиеся обычно в увеличении потребности общественного производства в минеральном сырье, постоянном научно-техническом прогрессе и, как правило, в ухудшении горно-геологических и горно-технических условий разработки.

Возрастание потребности общественного производства в минеральном сырье обуславливается ростом численности населения и систематическим увеличением потребности на душу населения. Статистические данные показывают, что, например, потребность в рафинированной меди в Японии с 1951 по 1968 г. увеличилась в 8,6 раза и составила 6,9 кг/чел (США — 8,4 и Канада — 11,1 кг/чел). За 1961—1968 гг. среднегодовой темп прироста потребности в рафинированной меди на душу населения по странам составил, %: Япония — 13,5; США — 3,1; Бельгия — 4,1; ФРГ — 6,1 и Великобритания — 2,3. Таким образом, устойчивый рост потребности в рафинированной меди на душу населения отмечается повсеместно.

Данные анализа динамики объема производства основных цветных металлов в капиталистических и развивающихся странах показывают, что рост общественного производства, нуждающегося в различных видах минерального сырья идет настолько быстрыми темпами, что для его удовлетворения становится необходимым осуществлять рост производства частично за счет снижения качества добываемых руд и вовлечения в отработку рудных залежей с относительно худшими горно-геологическими, горно-техническими и экономико-географическими условиями разработки.

Ухудшение во времени горно-геологических и горно-технических условий эксплуатации месторождений связано с невозобновляемостью недр, увеличением глубины карьеров, высоты и площади отвалов и другими обстоятельствами. Следствием этого являются: удорожание удельной себестоимости разведки минерального сырья; уменьшение средних содержаний полезных компонентов в руде; рост текущего и среднего коэффициентов вскрыши; удлинение пути доставки руды и породы из карьера на поверхность; увеличение крутизны подъема дорог в карьере; увеличение высоты бортов карьеров, ведущее к дополнительным затратам на поддержание бортов в должном состоянии; ухудшение условий проветривания карьеров, нарушающее их нормальную работу; увеличение водопритоков воды в карьеры и необходимость значительных дополнительных затрат на их осушение; увеличение дальности транспортировки пород и забалансовых руд в отвалы, а также отвод все более ценных земельных угодий под отвалы.

Снижение среднего содержания полезных компонентов в добытой руде, несмотря на имеющиеся отклонения, можно считать закономерным. Так, в медной руде среднее содержание меди ежегодно снижается на 2—3%. Ниже приведены данные Горного бюро США о среднем содержании меди в добытой руде с 1881 по 1968 гг., %:

1881—1890	5,2	1931—1940	1,36
1891—1900	3,8	1941—1945	1,12
1901—1910	2,1	1946—1950	1,0
1911—1920	1,64	1951—1965	0,8
1921—1930	1,49	1965—1968	0,75

Ежегодное снижение содержания меди в руде при всех прочих равных условиях вызывает уменьшение объема добычи меди в руде на 2—

3% повышает себестоимость ее добычи. С учетом же других удорожающих и осложняющих добычу факторов, перечисленных выше, себестоимость добычи меди в руде должна ежегодно возрастать в еще большей степени. Однако на практике не отмечается ни уменьшение количества добываемого минерального сырья, ни повышение его себестоимости во времени. На том же примере медной промышленности США можно проследить, что, несмотря на неуклонное снижение во времени среднего содержания меди в руде и ухудшение горно-технических условий разработки, благодаря научно-техническому прогрессу при добыче и переработке минерального сырья показатели медной промышленности во времени не только не ухудшились, но даже несколько улучшились.

Так, по данным Горного бюро США, добыча меди в 1964 г. увеличилась до 1131 тыс. т, по сравнению с 980 тыс. т. в 1969 г. Численность трудящихся, занятых на добыче и обогащении медных руд, сократилась за тот же период с 28,3 до 27 тыс. Среднегодовой темп прироста производительности труда на добыче в 1958—1964 гг. составил примерно 2,6% и при обогащении — более 6% (Быховер, 1969).

Повышение экономичности добычи минерального сырья во времени не является монополией медной промышленности и присуще добыче всех видов полезных ископаемых. Таким образом, важнейшим из следствий научно-технического прогресса в горнодобывающей промышленности, как и в целом по общественному производству, является повышение эффективности производства, несмотря на действие таких объективных факторов как ухудшение горно-геологических и горно-технических условий разработки месторождений, снижающих во времени эффективность разработки последних.

Во всех отраслях общественного производства, в том числе и горнодобывающей промышленности, наибольшая эффективность научно-технического прогресса, как правило, проявляется на крупных предприятиях, способных применить новое мощное высокопроизводительное оборудование и экономически выстоять в первоначальный период (экспериментальная проверка, несерийное и малосерийное производство), когда применение нового оборудования малоэффективно и зачастую даже экономически невыгодно.

При открытом способе разработки месторождений в 2—3 раза сокращаются удельные капитальные вложения, в 5—6 раз возрастает производительность труда, в 3—4 раза снижается себестоимость единицы полезного ископаемого по сравнению с подземным способом разработки (Потапов, 1972). В связи с этим одним из наиболее важных направлений научно-технического прогресса в горнодобывающей промышленности становится всемерное расширение удельного веса открытого способа разработки месторождений.

Основное преимущество карьеров, по сравнению с подземными рудниками — неограниченность пространства, в котором производятся основные технологические операции по добыче руды. Это позволяет значительно увеличивать параметры основного технологического оборудования в карьерах и, как следствие, повышать производительность. Согласно различным источникам информации, в настоящее время емкость ковша экскаваторов достигла 153 м<sup>3</sup>, драглайнов — 168 м<sup>3</sup> при длине стрелы более 100 м<sup>3</sup>, а грузоподъемность автосамосвалов составляет 230 т.

За последние двадцать пять лет основные параметры горнотранспортного оборудования увеличились: емкость ковша экскаваторов в 4—5 раз, и для отдельных уникальных машин в 8—10, даже 20 раз, грузоподъемность и мощность двигателей автосамосвалов — в 7 раз; емкость

одноковшовых погрузчиков за последние десять лет увеличилась в 10 раз (с 2—3 м<sup>3</sup> в 1960 г. до 27 м<sup>3</sup>). В перспективе намечается дальнейшее увеличение емкости ковша экскаваторов до 300 м<sup>3</sup> (заканчивается изготовление экскаваторов, имеющих стрелу длиной 152 м), грузоподъемности автосамосвалов — до 500—600 т, сцепного веса тяговых агрегатов — до 500 т, грузоподъемности думпкаров до 250—300 т. В связи с возможным созданием мощных самоходных колесных скреперов и скреперных поездов с ковшами емкостью до 250 м<sup>3</sup> возникают новые перспективы развития горных работ.

За последние 25 лет скорость автомобилей увеличилась с 30 до 60—65 км/час, железнодорожных составов с 20 до 30—35 км/час, конвейеров с 2—2,5 до 6—8 м/сек. Ускоряются также сроки создания и освоения новых машин. В последние годы они снизились с 6—8 до 2—3 лет (Васильев, 1972). Естественно, что перевооружение карьеров современным мощным горнотранспортным оборудованием должно сразу же отразиться на производительности труда. Так, согласно данным А. П. Величко и А. М. Фейгина (1971), производительность по руде на одного работающего на карьерах составила в 1960 г. — 2376 т, а в 1970 — 4040 т.

По данным М. В. Васильева (1972), увеличение ковша экскаваторов (механических лопат) с 4,6 м<sup>3</sup> до 24 м<sup>3</sup> снижает себестоимость выемки, перемещения и укладки породы более чем в два раза. Производительность труда рабочих при этом возрастает в пять раз. Значительные резервы повышения производительности оборудования заложены в создании машин, предназначенных для конкретных горно-технических условий разработки какого-либо месторождения или группы месторождений. В связи с этим в последнее время появилась тенденция к созданию особо мощного оборудования небольшими сериями или даже в единственном экземпляре. Несмотря на высокую стоимость его производства, применение такого оборудования на практике оказывается высокоэффективным (Васильев, 1972).

Замена малопроизводительных станков ударно-канатного бурения шарошечными типа СВШ-250 и БАШ-250 увеличивает удельную производительность станка в 4—5 раз (Бунин, 1971). Одновременно за счет лучшего дробления руды повышается производительность экскаваторов. В перспективе намечается усовершенствование конструкции буровых установок и автоматизация процесса бурения, что будет способствовать дальнейшему повышению производительности труда и снижению себестоимости добычи руды на карьерах.

Эффективность горных работ на карьерах в значительной мере повышалась в связи с массовым внедрением гранулированных ВВ, а также созданием и применением водонаполненных ВВ. Появление и успешное внедрение в практику гранулированных ВВ создало предпосылки для полной механизации взрывных работ. Экономия от их применения только по тресту «Союзвзрывпром» в 1970 г. составила более 500 тыс. руб. Внедрение новых типов ВВ в практику буро-взрывных работ на карьерах послужит дальнейшему значительному повышению эффективности открытых горных работ.

Хотя увеличение параметров и совершенствование конструкции отдельных горных машин приносит весьма внушительный экономический эффект, однако основным условием коренного повышения эффективности отработки месторождений является принципиальное изменение технологии разработки и структур комплексной механизации. Наиболее перспективен в условиях рудных карьеров переход от существующей циклической технологии к циклично-поточной и в дальнейшем к поточной технологии ведения горных работ.

Примером высокой эффективности применения циклично-поточной технологии является разработка месторождения «Твин Бьюттс» компанией «Анаконда». Применение на этом карьере циклично-поточной технологии (скреперов с ковшами грузоподъемностью 72 т для вскрышных работ и экскаваторов с емкостью ковша 11,5 м<sup>3</sup> для погрузки взорванной массы, автосамосвалов грузоподъемностью 91 т, конусных дробилок — 1370 мм, конвейерного тракта с шириной ленты 1525 мм) в сочетании с высоким уровнем организации, автоматизации и управления производством позволило компании добиться высоких результатов. На вскрышных работах за три с половиной года (с середины 1965 по 1968 г.) удалено более 200 млн. т пустой породы, что может быть сравнимо с объемами земляных работ на знаменитой Асуанской плотине. Скорость понижения горных работ в первые пять лет составила 50 м в год. В настоящее время из карьера ежедневно выдается около 130 тыс. т аллювиальной породы и 110 тыс. т руды и скальной породы.

В период проектирования «Твин Бьюттса» предпочтение было отдано циклично-поточной технологии (указанная выше схема), поскольку она обеспечивала, по сравнению с циклической, экономию 5,8 цента на 1 т вскрышных пород или более 10 млн. долларов на весь объем вскрыши, а также сокращение на полгода срока вскрышных работ и в полтора раза — численности производственного персонала (Захваткин, 1972). Практика подтвердила правильность этого решения.

В настоящее время имеется более мощное и высокопроизводительное горнотранспортное оборудование, чем примененное на руднике «Твин Бьюттс», что позволяет быстрее вводить в действие карьеры. С учетом же перспективного увеличения параметров и мощности карьерного оборудования в ближайшие 10—15 лет практически будет решена проблема создания и быстрого ввода в эксплуатацию рудных карьеров с годовой производственной мощностью по горной массе, превышающей 100 млн. м<sup>3</sup>.

В настоящее время во многих странах значительные научные и производственные силы заняты вопросом разработки и внедрения в производство машин непрерывного действия для скальных пород (типа роторного экскаватора и буроскальвающей машины). Это создает благоприятные предпосылки для внедрения в будущем на карьерах в условиях разработки скальных пород поточной технологии производства горных работ и ознаменует новый этап повышения эффективности разработки рудных месторождений.

Весьма перспективным направлением дальнейшего повышения эффективности разработки крупных рудных месторождений является разработка и внедрение геотехнологии (подземного выщелачивания полезных компонентов). Полученные в настоящее время технико-экономические показатели этого способа разработки позволяют рекомендовать его как наиболее эффективный для эксплуатации многих месторождений. В дальнейшем же по мере его совершенствования, особенно в области комплексного использования сырья, геотехнология по эффективности разработки крупных месторождений сможет соперничать с поточной технологией разработки месторождений открытым способом.

Одним из важнейших резервов повышения экономичности добычи и переработки минерального сырья служит повышение комплексности его использования. Наглядным примером этого является Кальмакырское месторождение. Степень извлечения попутных компонентов из руд Кальмакыра растет год от года, в результате чего, несмотря на самое низкое по медной промывленности СССР содержание меди в руде, себестоимость меди, полученной из нее, самая низкая.

В перспективе комплексность использования руд Кальмакыра может быть значительно повышена за счет более полного извлечения уже извлекаемых попутных компонентов (благородных металлов, серы, молибдена, селена и теллура), особенно серы из отходящих газов металлургического производства, а также в связи с извлечением рения, свинца, цинка, кобальта, кадмия, железа и других элементов.

Таким образом, научно-технический прогресс при разработке месторождений и особенно при разработке крупных месторождений в сочетании с такими факторами как увеличение потребности в минеральном сырье, повышение концентрации производства и комплексности использования сырья во времени не только компенсирует снижение экономичности добычи минерального сырья под действием ухудшения горно-геологических и горно-технических условий разработки месторождений, но и позволяет непрерывно повышать экономичность добычи руды и горной массы.

### **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ДИНАМИЧЕСКОГО МЕТОДА ОБОСНОВАНИЯ ДОЛГОСРОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Разработка месторождений, характеризующихся большими запасами и распространением полезного ископаемого на значительную глубину, как правило, связана с длительным (20—40 лет и более) сроком существования горноперерабатывающего комплекса и особенностями динамики его развития по этапам отработки месторождения. Развитие с течением времени научно-технического прогресса, а также изменение горно-геологических условий с глубиной обуславливают в различные периоды эксплуатации месторождения определенную качественную и количественную структуру производства горноперерабатывающего комплекса, а следовательно, и динамичность затрат на производство выпускаемой продукции.

Проектные и плановые организации при решении различных задач промышленности пользуются статическими стоимостными показателями. Проектный показатель себестоимости продукции как обобщающий измеритель, рассчитанный на полное развитие предприятия, оказывается некоторой средней величиной и не отражает качественных изменений на отдельных этапах эксплуатации. Более того, обоснование таких долгосрочных параметров и решений как, например, промышленные кондиции на руды и экономически целесообразная глубина открытых горных работ производится согласно действующим инструкциям по стоимостным показателям, достигнутым на момент проектирования, без учета динамики их изменения на будущее. Такое положение зачастую приводит к ошибочной оценке (чаще к занижению) перспектив развития сырьевой базы проектируемых горноперерабатывающих предприятий и в конечном счете — к значительным дополнительным затратам на их реконструкцию, связанную с расширением производства. Кроме того, нередко оказывается, что некондиционная руда, вывозимая в первые периоды эксплуатации месторождения в отвал пустых пород, в последующем в связи с пересмотром промышленных кондиций становится промышленной и государству наносится значительный материальный ущерб.

Из сказанного выше следует, что совершенствование методов обоснования долгосрочных параметров и решений на стадии предварительной экономической оценки промышленной эффективности разработки крупных месторождений и при проектировании горных предприятий

с длительным сроком существования имеет важное народнохозяйственное значение.

Предлагаемый метод обоснования долгосрочных параметров и решений базируется на прогнозировании динамики технического и экономического развития горноперерабатывающего комплекса. В основу прогнозного развития комплекса положены следующие определяющие принципы социалистической экономики:

непрерывный рост научно-технического прогресса;

пропорциональное взаимоувязанное развитие отдельных предприятий единого комплекса;

органическая связь планирования и управления производственного комплекса с государственным и отраслевым планированием и управлением;

расширение объема производства комплекса во времени.

Обоснование долгосрочных параметров и решений производится в таком порядке:

1. Прогнозирование динамики технического уровня развития производства.

2. Прогнозирование динамики изменения стоимостных показателей работы комплекса.

3. Установление параметров и решений по этапам отработки месторождения и в перспективе.

4. Определение экономической эффективности промышленной разработки месторождения при установленных долгосрочных параметрах и решениях.

При прогнозировании динамики технического уровня развития производства применительно к открытой разработке рудных месторождений обычно решается следующий комплекс задач.

По результатам анализа геологических материалов отстраиваются варианты предварительных контуров отработки запасов месторождения при различном бортовом содержании.

На основе прогноза развития научно-технического прогресса в горной промышленности выбираются технологические схемы и структуры комплексной механизации горных работ с учетом изменения горно-геологических условий во времени.

После выбора схем механизации горных работ, предопределяющих продолжительность каждого из этапов отработки месторождения, отстраиваются контуры этапов и для каждого периода эксплуатации устанавливается максимально возможная производительность карьера по руде и горной массе. В соответствии с принятой для каждого этапа производительностью карьера по руде и ее качеством определяется мощность и выбирается технология и схема механизации работ перерабатывающего комплекса с учетом достижений научно-технического прогресса в области обогащения и металлургии.

Стоимостные показатели работы комплекса прогнозируются наиболее успешно на основе динамического моделирования, позволяющего определять планируемый показатель на конкретный срок с учетом возможных изменений этого показателя в связи с развитием производства.

Прогноз стоимостных показателей должен основываться на комплексном использовании активного и пассивного прогнозов. При этом на пассивный прогноз возлагаются задачи выявления закономерностей пропорционального формирования стоимостных показателей по отдельным видам производства в зависимости от различных факторов и их состояние на момент прогнозирования. С помощью активного прогноза

устанавливается динамика вероятностного изменения факторов, формирующих стоимостные показатели на будущее.

На основе данных прогноза стоимостных показателей работы горно-перерабатывающего комплекса производится обоснование долгосрочных параметров, а также проектных решений по этапам и на момент окончания отработки месторождения.

Экономическая эффективность промышленной разработки месторождения, исходя из критерия прибыли, определяется для каждого этапа отработки и в целом по месторождению. Весьма важный заключительный этап работы по прогнозированию долгосрочных параметров и решений — оценка достоверности полученных результатов.

По мнению многих специалистов, прогноз исходных показателей и обоснование долгосрочных параметров и решений в горной промышленности достоверны в течение 20 лет, при этом погрешность составит 10—25%. За пределами этого срока погрешность увеличивается, поэтому ее значение необходимо определять для каждого этапа отработки месторождения. В зависимости от величин, полученных на момент прогнозирования, устанавливается возможность использования принятых параметров и решений для целей проектирования предприятий, технико-экономического обоснования развития промышленного района, прогнозного развития отрасли промышленности и промышленности в целом.

#### ДИНАМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНДИЦИЙ ПРИ ПОЭТАПНОЙ РАЗРАБОТКЕ КРУПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

В настоящее время большое значение приобретает проблема усовершенствования методов обоснования эффективности промышленного освоения крупных месторождений полезных ископаемых, разрабатываемых или намечаемых к разработке открытым способом. Одним из главных вопросов является установление промышленных кондиций на руды.

Промышленные кондиции определяют масштаб и качество промышленных запасов месторождения и в значительной мере влияют на эффективность его отработки. В связи с этим они принимаются за основу при проектировании горнодобывающего и перерабатывающего комплексов горно-металлургических предприятий. От величины промышленных кондиций зависят параметры карьера, мощность горнодобывающего и перерабатывающего комплексов, выбор той или другой системы разработки и многие другие важные показатели.

Согласно методическим указаниям ГКЗ СССР (1960) при обосновании промышленных кондиций расчеты должны производиться на основе технико-экономических показателей предприятия, достигнутых на момент определения кондиций. Рассчитанные таким образом промышленные кондиции используются для оконтуривания рудных тел и подсчета промышленных запасов месторождения, для отстройки предельного контура карьера, выбора мощности горнодобывающего комплекса и определения эффективности отработки месторождения.

Указанный метод обоснования кондиций является статическим, поскольку базируется на неизменных на весь срок отработки месторождения технико-экономических показателях. Существенный недостаток метода в том, что он не учитывает динамику производства и влияние на его эффективность различных факторов, в том числе факторов технического прогресса и времени. Это зачастую приводит к ошибочной оценке

(чаще к занижению) перспектив развития сырьевой базы проектируемых горно-металлургических предприятий и в конечном счете — к значительным затратам на реконструкцию в связи с изменением масштаба производства. Кроме того, геолого-разведочные работы получают иногда неправильную ориентировку. Выявляются небольшие месторождения с относительно высоким средним содержанием полезных компонентов и в дальнейшем начинается промышленное использование их. Практика же показывает, что экономичность отработки таких месторождений, как правило, ниже, чем крупных месторождений с более низким содержанием полезных ископаемых.

В последнее время на крупных карьерах все чаще применяется метод поэтапного проектирования горных работ. Однако при этом не принимается во внимание необходимость динамического обоснования промышленных кондиций. Тем не менее это очень важный вопрос, имеющий принципиальное значение для поэтапного развития горных работ на карьерах. С течением времени запасы месторождения, технология добычи и переработки минерального сырья, потребность в сырье и цены на него значительно меняются, что заставляет заново производить оценку месторождения, изменять (как правило, снижать) промышленные кондиции и на этой основе вносить существенные коррективы в развитие карьера и перерабатывающего комплекса.

Расширение карьеров зачастую сопровождается значительными капитальными затратами на снос долговременных сооружений, передвижку отвалов, перенос транспортных и других коммуникаций, разбивку нерабочих бортов карьеров и т. п. Затраты эти нередко исчисляются миллионами и десятками миллионов рублей. Однако их можно избежать полностью или частично, если на стадии обоснования промышленных кондиций учитывать предстоящие изменения производства под действием факторов времени, т. е. проводить обоснование кондиций динамическим методом (поэтапно).

Предлагаемый метод дает возможность наметить перед началом проектирования примерную схему основных этапов развития горнодобывающих и горнометаллургических предприятий и на ее основе приступить к детальному и научно обоснованному проектированию развития данных предприятий во времени и пространстве в соответствии с основными этапами научно-технического прогресса в горнодобывающей и металлургической промышленности.

При динамическом обосновании промышленные кондиции обязательно должны обосновываться для всех этапов (для каждого этапа в отдельности) уже перед началом первого этапа, а перед началом второго и каждого из последующих они, естественно, должны уточняться. При этом одновременно с разбивкой всего срока отработки месторождения на этапы необходимо намечать (примерно) систему разработки месторождения, схему транспортировки руды и вскрыши, производительность рудника и порядок отработки месторождения. В дальнейшем при составлении ТЭДа и рабочем проектировании все эти вопросы должны детализироваться. Только такой подход даст возможность правильно оценить месторождение не только на текущий момент, но и во времени; не только при данном уровне техники и технологии, но и в соответствии с намечаемыми этапами технического перевооружения; не только при современном уровне использования комплексности сырья, но и при более полном.

При статическом методе определение минимального промышленного содержания  $\alpha$  производится в общем виде по формуле



$$a = \frac{3 \cdot 100}{\text{Ц} \cdot \text{И}} \% ; \quad (1)$$

здесь 3 — затраты на добычу и переработку 1 т руды, включая и отчисления на разведку, а также общекомбинатские и внепроизводственные расходы, руб.;

Ц — оптовая цена 1 т готового полезного компонента, руб.;

И — сквозной коэффициент извлечения полезного компонента в готовую продукцию, доли единицы.

Под действием технического прогресса величина затрат на добычу и переработку во времени постоянно уменьшается, а сквозное извлечение постоянно растет, стремясь к единице. Цена также должна снижаться обратно пропорционально изменению производительности труда. Но это положение было бы справедливо, если бы на ценообразование, и в частности на ценообразование продукции цветной металлургии, помимо производительности труда, не влиял фактор дефицита данного вида продукции.

В связи с опережающим развитием отраслей промышленности, определяющих технический прогресс, существует дефицит продукции цветной металлургии. Дефицит цветных металлов привел к тому, что за последние годы, несмотря на рост производительности труда, цены на подавляющее большинство этих металлов как внутри нашей страны, так и за рубежом, не только не снизились, а наоборот возросли. Учитывая статистику динамики изменения оптовых цен, в настоящее время мы не можем закладывать снижение оптовых цен на цветные металлы на перспективный период. Отсюда величину Ц в формуле (1) следует считать условно постоянной на длительный срок.

Таким образом, анализ правой части равенства (1) приводит к выводу, что величина промминимума имеет устойчивую тенденцию к снижению во времени под действием технического прогресса. В основном это снижение должно происходить за счет уменьшения затрат на добычу и переработку руды и частично — за счет повышения сквозного извлечения полезных компонентов из руды в готовую продукцию.

Данные анализа динамики снижения затрат на добычу и переработку руды и повышение извлечения полезных компонентов показывают, что наибольшее снижение затрат и повышение коэффициента извлечения полезных компонентов происходят после коренной технической реконструкции предприятия, сопровождающейся заменой значительной части основного оборудования на более совершенное и переходом на более прогрессивную технологию добычи и переработки руды.

С другой стороны, коренная техническая реконструкция горно-металлургического или горно-обогатительного предприятия знаменует собой начало нового этапа в разработке месторождения. Следовательно, целесообразность снижения промминимума возникает на границе между основными этапами разработки месторождения. Такая закономерность обуславливает необходимость динамического (поэтапного) обоснования кондиций.

При динамическом обосновании промышленных кондиций величина промминимума определяется по формуле

$$C_t = \frac{3_t \cdot 100}{\text{Ц}_t \cdot \text{И}_t}, \quad (2)$$

где  $C_t$ ,  $3_t$ ,  $\text{Ц}_t$  и  $\text{И}_t$  — соответственно минимальное промышленное содержание полезного компонента (%), затраты на добычу, транспортировку руды и извлечение из нее полезного компонента в готовую продукцию (руб.), цена 1 т полезного компонента (руб.) и сквозное извле-

чение полезного компонента в готовую промпродукцию в долях единицы для определенного этапа (периода) разработки месторождения.

Величины  $Z_i$  и  $I_i$  для различных этапов разработки устанавливаются на основе прогнозных проработок по соответствующей отрасли промышленности с учетом специфических особенностей развития горно-металлургического предприятия, ведущего разработку рассматриваемого месторождения.

Бортовое содержание для каждого этапа следует определять так же, как и при статическом обосновании, методом технико-экономического сравнения (вариантным). Естественно, что величина бортового содержания при динамическом обосновании кондиций вследствие изменения технико-экономических показателей во времени будет отличаться от получаемой при статическом обосновании.

Минимальная промышленная мощность рудных тел и максимальная мощность прослоев пустых пород также должны изменяться в соответствии с основными этапами разработки месторождения, так как они полностью зависят от параметров выемочно-погрузочного оборудования, системы разработки и технологии отработки рудных тел.

На основе динамического принципа обоснования промышленных кондиций, предложенного И. И. Пляскиным, Институт «Средазнипроцветмет» выполнил с участием Алмалыкского горно-металлургического комбината и Алмалыкской геолого-разведочной экспедиции прогнозную экономическую оценку промышленной эффективности освоения сырьевой базы медного производства Алмалыкского комбината\* по следующей схеме:

1. Анализ геологических материалов и построение вариантов предварительных контуров отработки запасов месторождения при различном бортовом содержании.

2. Выбор схем и структур комплексной механизации, обоснование продолжительности этапов разработки месторождения.

3. Обоснование рационального порядка вовлечения в разработку участков месторождения и построение контуров этапов.

4. Установление производительности карьера на каждом этапе разработки.

5. Обоснование прогнозных технико-экономических показателей добычи и переработки руд по этапам отработки месторождения с учетом достижений технического прогресса и фактора времени.

6. Обоснование бортового и минимального промышленного содержания по основному металлу с учетом попутных полезных компонентов.

7. Установление перспективного контура карьера и обрабатываемых запасов как по этапам, так и в целом по месторождению.

8. Экономический расчет промышленной эффективности освоения сырьевой базы медного производства месторождения.

Решение указанных выше задач опиралось на следующие принципы:

повышение эффективности разработки месторождений — достижение наибольшей массы прибыли и наиболее высокой рентабельности;

увеличение объема выпускаемой продукции;

обоснование технологии и механизации работ с учетом технического прогресса;

установление технико-экономических показателей разработки месторождения с учетом технического прогресса и других факторов времени;

\* Работа выполнена И. И. Пляскиным и С. Г. Чунихиным с участием Б. Т. Рыбалка, В. Ю. Деды, Е. Р. Бутьевой и др. при составлении отдельных разделов.

максимальное извлечение комплекса полезных компонентов.

Динамическое обоснование промышленных кондиций для месторождения Кальмакыр, произведенное по предложенной методике (табл. 48), позволяет говорить о целесообразности более значительного снижения кондиций, чем было предложено Институтом «Гипроцветмет» при обосновании кондиций статическим методом. Результаты анализа технико-экономических показателей (табл. 48) показали, что, по сравнению с вариантом «Гипроцветмета», вариант «Средазнипроцветмета» дает возможность увеличить:

Т а б л и ц а 48

Основные технико-экономические показатели эффективности разработки месторождения Кальмакыр при различных вариантах промышленных кондиций

Показатели	Ед. изм.	Действующий проект	Вариант «Гипроцветмета» 1969 г.	Вариант «Средазнипроцветмета» 1970 г.				На весь срок отработки
				этапы отработки месторождения				
				I	II	III	IV	
Минимальное промышленное содержание условной меди в руде . . . . .	Условн. ед.	1,0	0,82	0,60	0,57	0,64	0,58	
Бортовое содержание меди в руде . . . . .	»	1,0	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	
Запасы в карьере								
руды . . . . .	Условн.	100	220	115	120	175	240	650
меди . . . . .	%	100	177	93	82	95	99	370
условной меди . . . . .		100	181	96	86	104	112	400
Средние содержания в руде (в недрах)								
меди . . . . .	Условн. ед.	1,0	0,82	0,77	0,67	0,54	0,45	0,57
условной меди . . . . .		1,0	0,84	0,80	0,71	0,59	0,51	0,62
Производственная мощность карьера	Условн. %							
По добыче руды								
максимальная . . . . .		100	115	200	200	200	200	200
средняя . . . . .		100	85	150	170	180	135	150
По добыче меди	»							
максимальная . . . . .		100	110	115	135	108	90	135
средняя . . . . .		100	74	110	110	97	80	118
По добыче условной меди	»							
максимальная . . . . .		100	113	119	141	117	100	147
средняя . . . . .		100	76	113	117	106	90	129
Производство готовой продукции	»							
всего . . . . .		100	130	68	60	73	79	280
в среднем за год . . . . .		6,6	3,5	5,2	5,5	4,9	3,1	4,4
Прибыль	млн. руб.							
всего . . . . .		—	257	—	—	—	—	1952
в среднем за год . . . . .	»	—	7	—	—	—	—	30,5
Окупаемость капиталовложений	лет	—	4	—	—	—	—	5

Примечание. Кондиции по варианту «Гипроцветмета» определялись статическим методом, по варианту «Средазнипроцветмета» — динамическим (позтапно).

1) запасы месторождения, в том числе обрабатываемые карьером запасы руды, в 2,95 раза, меди в 2,09 раза и по условной меди в 2,2 раза;

2) производственную мощность карьера по добыче руды в среднем за год в 1,77 раза, по добыче меди в 1,59 раза и условной меди в 1,7 раза;

- 3) срок отработки месторождения — в 1,7 раза;
- 4) выпуск готовой продукции за весь срок отработки месторождения в 2,15 раза;
- 5) получить дополнительную прибыль в размере 1695 млн. руб.

Рентабельность дополнительного расширения медного производства Алмалыкского ГМК по варианту «Средазнипроцветмета» оказывается более высокой, чем средненормативная по медной промышленности СССР. Таким образом, при динамическом методе обоснования промышленных кондиций удалось выявить дополнительные резервы Алмалыкского ГМК для укрепления минерально-сырьевой базы его медного производства и возможность значительного увеличения производственной мощности по выпуску меди и другой ценной продукции с возможным получением при этом дополнительной ежегодной прибыли порядка 26 млн. руб.

На основании изложенного выше можно сделать такое заключение.

Рекомендуемый динамический метод обоснования промышленных кондиций, в отличие от применяемого в настоящее время статического, способствует улучшению научно обоснованного долгосрочного планирования работы предприятий горнодобывающей и металлургической промышленности и наиболее рациональному использованию минерально-сырьевой базы нашей промышленности.

Поэтапное проектирование горно-металлургических предприятий разрабатывающих крупные месторождения полезных ископаемых, на основе установленных динамическим методом промышленных кондиций позволяет предусмотреть технологию и механизацию работ для различных этапов отработки с учетом достижений технического прогресса.

Произведенная экономическая оценка промышленной эффективности сырьевой базы Алмалыкского комбината, опирающаяся на динамический принцип обоснования промышленных кондиций, дает основание для постановки вопроса о целесообразности расширения мощности медного производства Алмалыкского горно-металлургического комбината.

Высокая эффективность применения предложенного динамического метода обоснования промышленных кондиций для Кальмакырского месторождения позволяет рекомендовать его к использованию при экономической оценке эффективности разработки крупных месторождений полезных ископаемых.

## Глава II. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ РУД НА АЛМАЛЫКСКОМ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ КОМБИНАТЕ

### ГОРНЫЕ РАБОТЫ

В состав медного производства Алмалыкского ГМК входят два карьера — Кальмакырский и Сарычекинский. На карьере Сарычеку в настоящее время ведутся вскрышные работы и строительство подъездной железной дороги. Ввод карьера в эксплуатацию с достижением проектной мощности намечен на 1975 г.

Транспортировка вскрышных пород в отвал осуществляется автосамосвалами БелАЗ-540. Транспорт руды до перегрузочного узла намечено производить также автосамосвалами. От перегрузочного узла до ст. Известковая и далее до МОФ на расстояние 25,3 км руда будет перевозиться по железной дороге.

Кальмакырский карьер вступил в строй в 1954 г. и в настоящее время — это один из наиболее крупных и высокомеханизированных карьеров медной промышленности СССР. В забоях работает 17 экскаваторов типа ЭКГ-4, ЭКГ-4,6 и ЭКГ-8. На отвалах задалживается 11 экскаваторов тех же марок. Обуривание горной массы производится 16 станками шарошечного бурения марок БСВ-3е, СБШ-250 и 2СБШ-200. Транспортировка руды на обогатительную фабрику и вскрышных пород в отвал производится железнодорожным транспортом. Технико-экономические показатели работы Кальмакырского карьера за 1971 г. следующие:

Добыча горной массы	<i>t/m<sup>3</sup></i>	18854
Производительность экскаваторов на 1 м <sup>3</sup> емкости ковша		
забойных	<i>t/m<sup>3</sup></i>	208,8
отвальных	»	262,6
Производительность станков	<i>пог. м</i>	27678
Коэффициент использования экскаваторов во времени		
забойных	%	63,8
отвальных	»	58,4
буровых станков	»	33,1
Производительность труда на отработанную чел./смену без привлеченных организаций	<i>м<sup>3</sup></i>	87,9
с привлеченными организациями	»	44,5

В настоящее время работы ведутся в основном в нагорной части месторождения. Для отработки горизонтов здесь используются тупиковые железнодорожные заезды, в глубинной части — временные железнодорожные съезды. В перспективе намечен переход на постоянный спиральный съезд. Новые горизонты вскрываются с применением автотран-

спорта. Руда и порода доставляются автосамосвалами на внутрикарьерный перегрузочный узел, где складываются и в дальнейшем экскаватором перегружаются на железнодорожный транспорт. Нагорная часть месторождения обрабатывается 10-метровыми уступами. С переходом на нижние горизонты высота уступа увеличивается до 15 м. Ширина рабочей площадки колеблется в широких пределах, минимально допустимая — 50—55 м. Темп понижения горных работ составляет 6—7 м в год. Длина рабочего фронта экскаватора на верхних горизонтах 500—600 м, на нижних — 400—500 м.

Ввиду значительной крепости руды и породы (12—18 по Протодакинову) в карьере применяются буро-взрывные работы. Вторичное бурение негабаритов и подбурка подошвы осуществляется перфораторами. На карьере в основном производится двух-, трехрядное взрывание скважин, расстояние между ними 6—8 м, одновременно взрывается до 100 скважин. Минимальный запас взорванной горной массы в действующих забоях равен 10—12-дневной производительности экскаватора, а в целом по карьере — 1,5—2-месячной. Скважины взрываются при помощи детонирующего шнура, инициируемого электродетонатором замедленного действия (с интервалом замедления 25 м/сек). Ширина развала породы достигает 25—30 м, выход негабарита 7—8%. Ассортимент применяемых ВВ представлен в основном зерногранулитами.

Вскрышные породы вывозятся в отвал в думпкарах грузоподъемностью 100—105 т марки ВС-100, ВС-2, руда на медную фабрику — в думпкарах без цилиндров опрокидывания. Тяга осуществляется электровозами постоянного тока ЕЛ-2 со сцепным весом 150 т. Ширина колеи 1524 мм, уклон 0,000—0,035. Рельсовые пути укладываются на основании, спланированное бульдозером. На 1 км пути укладывается 1800—2000 шпал. Все тяжелые и трудоемкие работы механизированы. Так, передвижка железнодорожного пути осуществляется 25-тонным краном КДВ-15. Ширина заходки при передвижке составляет 10—15 м. При доставке породы автотранспортом используют автосамосвалы БелАЗ-540 грузоподъемностью 27 т.

Отвалы на Кальмакырском карьере в основном экскаваторные, частично плужные и бульдозерные. На всех экскаваторных отвалах применяется опережающая отсыпка нижнего подступа на всю длину отвального тупика и криволинейная форма развития отвального фронта. Высота экскаваторных и плужных отвалов достигает 20—35 м.

Благоприятные климатические условия позволяют круглогодично работать по трехсменному графику с непрерывной рабочей неделей, что хорошо увязывается с режимом работы обогатительной фабрики. Каждый экскаватор работает 330 рабочих дней в году, в остальные дни производится профилактический ремонт. Буровые работы выполняются в две смены. Каждый буровой станок в течение года останавливается на 15-дневный ремонт.

Кальмакырский карьер из года в год улучшает свои технико-экономические показатели. Производительность труда и горнотранспортного оборудования на карьере — одна из наиболее высоких, а себестоимость добычи руды и горной массы — самая низкая среди меднорудных карьеров страны.

По использованию экскаваторов во времени Кальмакырский карьер занимает четвертое место в Советском Союзе. Однако наряду с достижениями на карьере имеются и определенные недостатки: наличие тупиковых заездов без разминок, большое количество действующих горизонтов, сравнительно низкий (40—60%) коэффициент использования горнотранспортного оборудования и др. Ликвидация этих недостатков

должна значительно улучшить технико-экономические показатели работы карьера, но коренное их улучшение возможно лишь на базе совершенствования технологии и комплексной механизации горных работ.

Перспективы совершенствования технологии открытых горных работ охарактеризованы выше. Отметим только, что рекомендуемое направление и порядок совершенствования технологии и комплексной механизации на Кальмакырском карьере разработаны с учетом практики и перспектив развития передовых отечественных и зарубежных карьеров, а также с учетом перспектив и темпов совершенствования отечественной горной техники. Внедрение рекомендаций даст возможность резко интенсифицировать разработку месторождений, значительно поднять производительность труда, снизить удельную себестоимость руды и горной массы, а также увеличить глубину и, следовательно, общие параметры карьера. Кроме того, это позволит оптимизировать такие исходные критерии работы на карьере как высота уступа, фронтальная скорость продвижения горных работ, скорость и направление углубки и другие. В результате появится возможность регулирования во времени производственной мощности карьера и доведения ее до таких размеров, когда определяющим показателем мощности становятся не горно-технические возможности, а потребность перерабатывающего комплекса и оптимальный срок существования предприятия.

Предлагаемая динамическая модель технологии и комплексной механизации способствует также уменьшению объема и увеличению концентрации вспомогательных работ на карьере, что в свою очередь создает благоприятные предпосылки для их механизации и приближения к уровню механизации и автоматизации основного производственного цикла.

В связи с тем, что геологическое строение, минералого-геохимические особенности и горно-технические условия разработки месторождений Дальнее, Северо-Западный Балыкты и Карабулак в основных своих чертах тождественны, а масштаб оруденения сопоставим с таковыми для Кальмакыра, предложенная для последнего динамическая модель изменения во времени технологии и структур комплексной механизации применима и для месторождений Дальнее, Северо-Западный Балыкты и Карабулак.

## ОБОГАЩЕНИЕ

Проектное задание на строительство Алмалыкской медно-обогащительной фабрики (МОФ) было выполнено Институтом «Механобр» в 1953 г. и утверждено Советом Министров СССР 10 марта 1955 г. На первые 13 лет проектом намечалась переработка трех типов руд: окисленных окварцованных; окисленных слабоокварцованных (упорных); сульфидных и смешанных. В последующие годы эксплуатации предусматривалась работа фабрики на одном — сначала сульфидно-смешанном, а затем сульфидном типе руд.

Промышленное освоение технологии переработки руд Кальмакыра на Алмалыкской МОФ начато в июне 1961 г. с вводом в эксплуатацию секции 2. В октябре того же года в эксплуатацию сдана секция 1, перерабатывающая руды по комбинированной схеме В. Я. Мостовича. Последующим вводом в строй секций 3 и 4 в 1962 г. завершилось строительство первой очереди фабрики. Секции первой очереди оборудованы шаровыми мельницами 3600×4000.

В 1965 г. начали работать секции 6 и 7, в конце 1966 г. — секции 8 и 9. Эти секции относятся ко второй очереди фабрики и оборудованы

более мощными мельницами — 3600×5000. В 1970 г. введена в эксплуатацию секция 5, оборудованная мельницами этого же размера. Проектная технологическая схема, разработанная Институтом «Гипроцветмет», включает межцикловую, песковую, шламовую, промпродуктовую операции и три перечистки.

В настоящее время руда Кальмакырского рудника (крупность до 1200 мм), поступающая на медную обогатительную фабрику, подвергается трехстадийному дроблению до 80% класса 25 мм. Затем она попадает в главный корпус на двухстадийное измельчение с классификацией продукта в классификаторах и гидроциклонах.

Руда крупностью 50% класса 74 мк поступает на флотацию. В результате флотационного обогащения фабрика выдает медный и молибденовый концентраты с содержаниями меди и молибдена соответственно 18% и 30—35% и отвальные хвосты. Характеристики основного технологического оборудования и его производительность за 1970—1971 гг. приведены в табл. 49.

Таблица 49

Производительность основного технологического оборудования

Оборудование	Тип машин	Производительность, т/час	
		1970 г.	I полуг. 1971 г.
Дробилки			
крупного дробления . . . . .	ККД-1500/180	2904,4	2883,4
среднего дробления . . . . .	КСД-2200	526,7	638
мелкого дробления . . . . .	КНД-2200	285,3	281,7
Мельницы . . . . .	МШР 3,6×4,0	132,3	138,6
Мельницы I ст. измельчения . . . . .	МШР 4,0×5,0	160,0	157,7
Мельницы II ст. измельчения . . . . .	МШР 2,7×3,6	—	—
Флотомшины . . . . .	ФМ-7	—	—
	ФМ-6	—	—
	ФМ-5	—	—

На фабрике применяются сернистый натрий, ксантогенат, вспениватель Т-66, веретенное масло, известь и другие реагенты. В процессе работы на фабрике в проектную схему переработки руды введены некоторые технологические и конструктивные изменения:

1) в 1965 г. внедрен процесс окислительной пропарки с известью коллективного концентрата;

2) в 1969 г. вспениватели (пиридин) заменили на ИМ-68, а затем ИМ-68 на Т-66;

3) реконструированы 3- и 4-я секции;

4) челюстные затворы заменены каскадно расположенными течками и др.

Одновременно систематически проводятся мероприятия по улучшению организации и условий труда.

Несмотря на имеющиеся недостатки технологического и конструктивного характера (наличие разных технологических схем переработки руд одного и того же типа на различных секциях, неудачное аппаратурное оформление, слабость ремонтной базы и др.), а также неуклонное снижение содержания меди в руде, фабрика из года в год улучшает технико-экономические показатели (табл. 50). При снижении содержания меди в руде в среднем за год на 5,2% извлечение меди в концентрат не-



Изменение основных технико-экономических показателей работы  
Алмалыкской МОФ %

Показатели	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Переработка руды, отн. %	6,1	18,8	28,9	34,5	48,7	63,5	76,8	86,3
Содержание меди в руде, отн. %	100	93,7	102,5	112,7	95,9	102,9	83,3	76,7
Извлечение меди в концентрат	50,45	49,65	62,82	69,44	70,18	74,03	68,66	73,45
Содержание меди в концентратах	18,8	17,4	17,2	15,7	16,5	17,0	16,9	17,1
Сульфидность руды	—	—	—	62,2	64,6	72,6	71,6	73,3
Затраты цеховые на переработку 1 т руды, отн. %	100	80	71	59	50	48	46	48

Продолжение табл. 50

Показатели	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1975 г. % к 1970 г.
Переработка руды, отн. %	76,8	100	106,6	111,7	111,7	119,8	134,0	134,0
Содержание меди в руде, отн. %	73,2	65,5	62,2	55,8	57,9	58,8	57,6	88,0
Извлечение меди в концентрат	77,25	79,5	82,0	83,3	—	—	87	108,8
Содержание меди в концентратах	17,8	—	—	—	—	—	—	—
Сульфидность руды	78,3	—	—	—	—	—	—	—
Затраты цеховые на переработку 1 т руды, отн. %	53	44	42	40,8	41,1	41,1	41,0	91

Примечание. За 1972—1975 гг. показатели плановые.

уклонно растет — среднегодовой прирост составляет 3,2%. Удельные затраты на переработку 1 т руды непрерывно снижаются — в 1961—1970 гг. среднегодовое снижение составило 8,2%. Производительность труда по фабрике за 1966—1970 гг. увеличилась на 103% или в среднем за год на 20%.

В текущем пятилетии намечается дальнейшее увеличение производственной мощности Алмалыкской МОФ и улучшение технико-экономических показателей ее работы (см. табл. 50). На 1971—1975 гг. предусмотрено дальнейшее усовершенствование технологической схемы путем доизмельчения и дофлотации отвальных хвостов. Намечено испытание новых реагентов — «масла X», карбамида, бутилового аэрофлота и др.

Большое значение для Алмалыкского рудного района приобретает проблема обогащения бедных сульфидных руд молибденово-медных месторождений. В районе имеются значительные запасы таких руд, однако промышленное освоение их до последнего времени задерживалось по многим причинам, наиболее важная из них — отсутствие достаточного количества полупромышленных и промышленных испытаний обогатимости данных руд.

В 1971—1972 гг. на опытной обогатительной фабрике АГМК проведены полупромышленные испытания трех проб забалансовых руд месторождения Кальмакыр. Данные этих испытаний показали возможности получения из них высококачественных концентратов с содержанием меди до 17% и извлечением ее в концентрат до 75—80%.

Следовательно, уже сейчас можно с уверенностью сказать, что в результате полупромышленных испытаний получены высокие результаты обогатимости забалансовых руд. В этом нас убеждают также итоги полупромышленных испытаний бедных руд месторождения Дальнее

(пр. 2), проведенных в 1969 г. на опытной обогатительной фабрике Алмалыкского ГМК. Переработано 1660 т руды по четырем схемам. Лучшие результаты получены по схеме, включающей основную и контрольную флотацию после двухстадийного измельчения руды до 65—70% класса 0,074 мм, основную и контрольную промпродуктовую флотацию, раздельную перемешку песков и шламов концентрата 1-й перемешки, пиритную флотацию на хвостах перемешки песков. По этой схеме переработано 782 т руды со средним содержанием меди на уровне бортового по Кальмакыру. Извлечение меди в концентрат составило 81% при содержании меди в концентрате, равном 16%.

В том, что полученные результаты вполне закономерны и не являются исключением убеждает анализ работ Алмалыкской МОФ. В промышленных условиях получены более высокие, по сравнению с полупромышленными испытаниями, фактические показатели извлечения меди и попутных компонентов из балансовых и забалансовых руд. В результате уровень извлечения меди из забалансовых руд месторождений Дальнее и Кальмакыр определен в 80%.

При анализе работы Алмалыкской МОФ установлено, что на извлечение меди из руды очень мало влияет величина содержания меди в руде, в основном она зависит от технологии и режима работ. Выше уже говорилось, что, несмотря на резкое снижение количества меди в руде, извлечение на МОФ ежегодно повышается — за 1963—1970 гг. в среднем на 3,2%. Достижения передовых отечественных и зарубежных обогатительных фабрик подтверждают этот вывод. Содержание меди в хвостах на них достигает 0,05—0,03%.

В перспективе целесообразно перевести Алмалыкскую МОФ на производство более низкосортных концентратов. Согласно проработкам Института «Механообр» (1969 г.) снижение содержания меди в концентрате с 16 до 12,6% позволяет повысить извлечение в концентрат меди и молибдена на 4,9%, золота и серебра — на 5%.

Помимо перехода на производство более низкосортных концентратов, перспективным направлением совершенствования технологии обогащения медных руд является принятие схемы с получением пиритного концентрата. Кроме серы и железа, в пирите рассматриваемых руд содержится золото, серебро и другие полезные элементы (висмут, кобальт, селен, теллур и пр.). В связи с этим выделение при обогащении пиритного концентрата и дальнейшая его переработка в металлургическом переделе способствуют значительному повышению комплексности использования сырья в медном производстве Алмалыкского ГМК.

Возможность совершенствования технологии обогащения за счет перехода на производство более низкосортных концентратов и выделения пиритного концентрата значительно повышает экономическую эффективность вовлечения в разработку забалансовых руд рассматриваемых месторождений и тем самым способствует повышению эффективности использования сырьевой базы медного производства.

Помимо указанных выше коренных изменений в технологии обогащения в перспективе, значительное изменение этой технологии произойдет за счет освоения пневмофлотации, внедрения нового метода совмещенной пропарки и флотации при селекции медно-молибденовых концентратов, применения новых реагентов, реконструкции измельчительного и флотационного отделений, дальнейшей автоматизации производства, а также автоматизации управления производством.

### Глава III. ПРИМЕРНЫЕ ЭТАПЫ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЛЫКСКОГО РУДНОГО РАЙОНА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАСШИРЕНИЯ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА АГМК

#### ПРЕДПОСЫЛКИ РАСШИРЕНИЯ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Высокие темпы развития таких отраслей промышленности как электроэнергетика, электротехника, приборостроение, производство ЭВМ и другие определяют высокую потребность народного хозяйства в меди и различных цветных металлах. Удовлетворить эту потребность можно двумя путями — за счет реконструкции и расширения действующих предприятий и строительства новых. По данным различных исследователей (Бенуни, 1963 и др.), первый путь обеспечивает увеличение объема производства с меньшими (на 25—40%) удельными капитальными вложениями, чем при строительстве новых предприятий. Следовательно, расширение действующих предприятий весьма желательно; однако оно возможно лишь при условии их высокой обеспеченности запасами минерального сырья. Учитывая, что при нормальной работе медного производства АГМК (на проектной мощности) выявленных запасов медных руд в Алмалыке хватит более чем на сто лет, а также, что себестоимость меди, производимой на АГМК, самая низкая по предприятиям медной промышленности СССР, можно считать совершенно очевидной целесообразность расширения медного производства АГМК.

Помимо указанных выше отличительных особенностей Алмалыкского района и медного производства АГМК, благоприятными предпосылками расширения последнего являются:

1. Высокая комплексность руд рассматриваемых месторождений.
2. Значительная потребительская стоимость большинства полезных компонентов, содержащихся в рудах месторождений Алмалыка. Это подтверждается высокими ценами на данные компоненты. В перспективе ожидается увеличение потребительской стоимости извлекаемых компонентов, что обусловит, несмотря на снижение издержек производства, дальнейший рост цен на них.
3. Большие размеры рудных тел, сближенность их между собой, близповерхностное залегание, слабая обводненность и другие благоприятные горно-геологические и горно-технические особенности рассматриваемых месторождений дают возможность отработать открытым способом практически все выявленные запасы до глубины 600—800 м.
4. Хорошая обогатимость руд описываемых месторождений позволяет добиться высокого извлечения не только меди, но и попутных компонентов.
5. Доступность месторождений. Ко всем месторождениям проложены автомобильные и железнодорожные подъездные пути.
6. Благоприятное экономико-географическое положение месторождений:

а) месторождения находятся в 65 км от крупного промышленного административного и культурного центра — г. Ташкента, еще ближе расположены города Ангрен, Тойтепа — Чигирик, Ахангаран; г. Алмалык с населением более 100 тыс. человек непосредственно примыкает к площади месторождений Кальмакыр, Дальнее и Карабулак;

б) в районе расположения месторождений находится крупная промышленно-производственная база — Алмалыкский ГМК, Ахангаранский цементно-шиферный комбинат, заводы минеральных удобрений и бытовой химии, трест Алмалыксвинецстрой, Алмалыкская ГРЭ и другие предприятия;

в) обеспеченность дешевой энергией: АГМК подключен к Среднеазиатскому электроэнергетическому кольцу, получает по газопроводу природный газ из Газли и находится вблизи Ангренского бурогоугольного бассейна;

г) район обеспечен пресной водой (подрусловые воды р. Ангрен);

д) благоприятные перспективы обеспеченности рабочей силой в Узбекистане (Госплан УзССР, 1971);

е) в Алмалыке имеется производственно-педагогическая и научно-исследовательская база: вечерний филиал Ташкентского политехнического института, Горно-металлургический техникум, научно-исследовательская часть Института «Средазнипроцветмет», Центральная лаборатория АГМК и школы производственного обучения;

ж) климат района более благоприятный (особенно для ведения открытых горных работ), чем климат большинства районов страны, в которых находятся крупные месторождения меди;

з) в районе, помимо месторождений меди, имеются месторождения свинца и цинка, золота, стройматериалов и других полезных ископаемых, комплексное освоение которых вместе с медными месторождениями повышает эффективность освоения последних.

#### **РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Выше уже говорилось, что затраты на получение меди на Алмалыкском ГМК — самые низкие по медной промышленности СССР, что лишний раз доказывает высокую эффективность медного производства АГМК. Однако результаты анализа перспектив дальнейшего его развития показывают, что достигнутый уровень эффективности может быть значительно повышен за счет более полного и интенсивного использования сырьевых ресурсов. Основные направления рационализации использования сырьевой базы медного производства следующие:

1. Улучшение проектирования, долгосрочного планирования и прогнозирования развития предприятия на базе динамического обоснования эффективности использования сырьевых ресурсов.

2. Повышение комплексности использования сырья.

3. Увеличение полноты и интенсификации разработки месторождения Кальмакыр.

4. Комплексное освоение медно-порфировых месторождений района.

5. Повышение качества продукции.

Значительное улучшение использования сырьевой базы медного производства АГМК возможно за счет динамического (поэтапного) обоснования эффективности отработки месторождений во времени. Данный метод проектирования открывает широкие возможности учета влияния факторов времени на эффективность работы предприятий и позволяет максимально приблизить планируемые и прогнозируемые условия к кон-

кретным условиям будущего производства. Вследствие этого точность технико-экономических расчетов при динамическом методе проектирования намного выше, чем при применяемом в настоящее время статическом. В результате можно правильнее оценить во времени эффективность использования сырьевой базы предприятия. Кроме того, учет влияния факторов времени на эффективность работы предприятия позволяет заранее предусмотреть изменение масштаба, направления и темпов развития производства и значительно сократить непроизводительные капитальные и эксплуатационные затраты, возникающие при незапланированных реконструкциях и изменениях объема производства (снос зданий и сооружений, изменение схемы транспортных и энергетических коммуникаций, передвижка отвалов, разнос предельных бортов карьеров и т. п.).

За методическую основу при динамическом обосновании эффективности использования минерально-сырьевой базы горно-металлургического предприятия может быть принята изложенная выше методика динамического обоснования эффективности разработки крупных месторождений открытым способом. Применение ее при оценке эффективности использования во времени минерально-сырьевой базы медного производства Алмалыкского ГМК позволило авторам выявить возможность значительного увеличения его производственной мощности (в 2—3 раза по сравнению с проектной)\*.

Выбор рациональных путей использования сырьевой базы медного производства и анализ возможности расширения мощности последнего произведены с учетом динамики фактических технико-экономических показателей медного производства АГМК, планов их дальнейшего изменения в текущей пятилетке и прогнозных оценок изменения этих показателей на более поздний период. Кроме того, учтены достижения передовых отечественных и зарубежных аналогичных предприятий, прогнозные оценки развития медной промышленности СССР и сопряженных с ней отраслей народного хозяйства, а также общие тенденции научно-технического прогресса на предстоящие 50—100 лет.

Медное производство Алмалыкского ГМК отличается высоким уровнем комплексности использования сырья. Помимо производства меди (вайербарсы и медная катанка), комбинатом выпускаются молибденовые концентраты, серная кислота, медный купорос и шламы, содержащие селен и благородные металлы. Извлечение полезных компонентов в готовую продукцию в настоящее время (за 10 месяцев 1972 г.) составляет, %: при обогащении меди — 83, молибдена — 54,5, серебра — 65,1, серы — 32,5; при металлургическом переделе меди — 96,2, серы — 49,6, золота — 96, серебра — 96, селена — 65.

Высокая степень комплексности использования сырья является одной из основных причин снижения удельной себестоимости производства меди на Алмалыкском ГМК до самого низкого уровня по медной промышленности СССР. Однако в результате детального анализа выявлено, что медное производство АГМК имеет значительные резервы дальнейшего повышения достигнутого уровня комплексности использования сырья. Частичная реализация этих резервов намечена текущим пятилетним планом развития медного производства АГМК.

Алмалыкским ГМК совместно с научно-исследовательскими и проектными институтами (Гипроцветмет, Гинцветмет, Механобр, Средазгипроцветмет и другие) разработан большой комплекс мероприятий по повышению в 1975 г. уровня извлечения полезных компонентов по срав-

\* ТЭО Гипроцветмета, 1970 г.

нению с достигнутым: при обогащении меди — на 3%, молибдена — на 10,5, серебра — на 0,9%; при металлургическом переделе: меди — на 0,8%, серы — на 25,4, золота и серебра — на 1%. Кроме того, намечено приступить к извлечению рения из промывных вод сернокислотного производства.

Таким образом, за оставшиеся два года текущего пятилетия в перерабатывающем комплексе медного производства АГМК извлечение в готовую продукцию повысится: меди на 3,6% и условной меди (медь + молибден + сера + золото + серебро + селен + рений) на 5,2% или в среднем за год — меди на 1,2% и условной меди на 1,7%. Вполне естественно, что и после 1975 г. извлечение полезных компонентов в готовую продукцию на АГМК будет неуклонно возрастать.

Извлекаемая из руд суммарная ценность всех полезных компонентов при уровне извлечения, запланированном на 1975 г., должна составить примерно 45% от ценности их в недрах; с учетом же потенциальной ценности отвалов вскрышных пород, хвостов обогащения и шлаков металлургического передела в качестве сырья для производства стройматериалов — еще меньше. Следовательно, пределом повышения комплексности использования сырья является увеличение извлекаемой ценности в 2—2,5 раза. Это свидетельствует о значительности резервов медного производства АГМК, могущих обеспечить повышение комплексности использования сырья.

Предполагается, что в дальнейшем (позже 1975 г.), наряду с повышением извлечения основных шести элементов (Cu, S, Mo, Au, Ag, Se), в продукцию медного производства постепенно начнут извлекаться и остальные компоненты, содержащиеся в рудах рассматриваемых месторождений: рений, теллур, висмут, свинец, цинк, кобальт, кадмий, железо, элементы платиновой группы, таллий, индий, германий, галлий, сурьма, мышьяк, фтор и другие. Основными путями такого повышения комплексности использования сырья станут:

- 1) детальное изучение и рациональное использование вскрышных пород;
- 2) переход на производство и переработку низкосортных медных концентратов, а также производство и переработка пиритного концентрата;
- 3) совершенствование систем пылеулавливания и газоочистки в металлургическом переделе и сернокислотном производстве;
- 4) организация на АГМК переработки молибденовых концентратов;
- 5) повышение извлечения полезных компонентов из пылей, газов, шламов и шлаков металлургического производства;
- 6) использование хвостов обогащения и шлаков металлургического производства в качестве сырья для производства стройматериалов.

Благоприятными предпосылками дальнейшего повышения комплексности использования сырья в медном производстве служат положительные результаты проведенных в последние годы на Алмалыкском ГМК полупромышленных и промышленных испытаний по обогатимости концентратов шлаков и шлаков КВП, обогатимости забалансовых руд месторождения Кальмакыр и руд месторождения Дальнее, выделению и переработке пиритного концентрата, переработке бедных висмутовых концентратов, кучному выщелачиванию вскрышных пород и др., а также достижения передовых отечественных и зарубежных предприятий в области комплексного использования сырья.

Детальным изучением вскрышных пород Кальмакырского карьера установлено, что значительная часть их фактически является бедными медными рудами, которые в перспективе могут быть переработаны на

обогащительной фабрике или подвергнуты процессу выщелачивания из них меди и других полезных компонентов. Целесообразность перехода на производство и переработку низкосортных медных концентратов, а также на производство и переработку пиритного концентрата объясняется тем, что действующая на Алмалыкской МОФ технология обогащения не обеспечивает полного извлечения из руды пирита и других рудных минералов в концентраты и тем самым не способствует максимально полному комплексному использованию сырья.

Фактическое извлечение пирита в медный концентрат составляет 35—40%. При переходе же на технологию с производством пиритного концентрата извлечение пирита в концентраты можно довести до 85—90%. Суммарная ценность полезных компонентов, заключенных в пирите, в 1 т добытой руды составляет 45—50% от таковой же в халькопирите, т. е. совершенно очевидно значение повышения извлечения пирита в концентрат для повышения комплексности использования сырья.

Примером высокоэкономичного использования пирита может служить Дуйсбургский завод в ФРГ, на котором в наибольшем для Западной Европы масштабе перерабатываются пиритные огарки. Завод ежегодно перерабатывает 2 млн. т огарков такого состава, %: 54—58 Fe, 0,8—1,5 Cu, 2—3,5 Zn, 6—10 породообразующих, 2,5—4,0 S, 0,3—0,7 Pb и 300—1500 г/т Co, 25—50 Ag, 0,5—1,5 Au, 40—100 Cd, 15—45 г/т Tl (Смирнов и др., 1970). Состав пиритов медно-порфиновых месторождений Алмалыка обеспечивает получение из них пиритных огарков с более высоким содержанием всей суммы полезных компонентов, чем в пиритных огарках, перерабатываемых на Дуйсбургском заводе.

Выше уже говорилось, что согласно проработкам Института «Механобр» переход на производство концентратов с содержанием меди 13,2% вместо 16% позволяет повысить извлечение меди, молибдена, золота и серебра примерно на 5%. Эксплуатационные затраты на переработку дополнительного количества концентратов в металлургическом переделе составят 17,5% от затрат по металлургическому переделу и всего лишь 3,5% от общих затрат на добычу и извлечение полезных компонентов в готовую продукцию. Таким образом, переход на производство и переработку низкосортных медных концентратов дает возможность увеличить выпуск готовой продукции примерно на 5% при повышении эксплуатационных затрат всего лишь на 3,5%.

Обогащение кислородом (до 27—35%) и подогрев (до 400—500°) дутья при отражательной плавке, помимо улучшения режима плавки и повышения на этой основе производительности печи, увеличивает и концентрацию сернистого ангидрида в отходящих газах до 5—5,5%. Последнее создает возможность для экономичной переработки отходящих газов отражательной печи на сернокислотном заводе и повышения за счет этого извлечения серы из руды в серную кислоту на 10—15%. По предварительным расчетам экономический эффект от производства серной кислоты из газов отражательной печи с учетом возможности извлечения при этом селена, теллура, элементов платиновой группы и рения составит более 1 млн. руб. в год. Кроме того, переработка газов отражательной печи способствует очищению воздушного бассейна г. Алмалыка.

Переработка пылей металлургического передела медного производства АГМК позволит увеличить извлечение основного компонента меди, а также извлекать в готовую продукцию висмут, свинец, цинк, кадмий, золото, селен и теллур. В перспективе из пылей возможно извлечение в готовую продукцию также индия и таллия. Согласно данным Института «Средазнипроцветмет» (1968 г.) переработка пылей медного производ-

ства АГМК на Чимкентском свинцовом заводе является технологически возможной и высокоэкономичной. Окупаемость капиталовложений, необходимых при этом, составляет 2—3 года.

Суммарная ценность полезных компонентов в отвальных шлаках отражательной плавки в 5—10 раз превышает таковую же в руде месторождения Кальмакыр, поэтому в перспективе целесообразна переработка данных шлаков (методом хлоридовозгонки и другими). Хвосты обогащения можно использовать в качестве удобрений, а также для производства строительных материалов. Кроме того, в производстве строительных материалов возможно использование отвальных шлаков медного производства и продуктов их переработки. Величину эффективности использования хвостов и шлаков в настоящее время представить затруднительно, поскольку исследования данных вопросов еще далеко не закончены. Однако нам они представляются весьма значительными, поскольку, помимо производства значительных дополнительных ценностей, эти мероприятия обеспечивают еще сокращение площадей, занятых под отвалами и хвостохранилищами, а также уменьшение капитальных и эксплуатационных затрат на создание и содержание отвалов и хвостохранилищ.

На основании изложенного можно сделать вывод, что медное производство АГМК имеет все предпосылки для сохранения высоких темпов повышения комплексности использования сырья. В ближайшие 10—20 лет повышение извлечения условной меди (медь + попутные компоненты) составит около 1% в год от достигнутого к настоящему моменту.

Повышение комплексности использования сырья в цветной металлургии является высокоэффективным мероприятием. Согласно известным данным (П. Ф. Ломако, 1972) 30—50% прибыли по отрасли обеспечивается повышением комплексности использования сырья. Капиталовложения на осуществление мероприятий по повышению комплексности использования сырья окупаются в 1,5—2 раза быстрее, чем при строительстве новых предприятий.

Нам представляется, что эффективность мероприятий по повышению комплексности использования сырья на таком крупном предприятии как Алмалыкский ГМК должна быть выше, чем в среднем по отрасли.

Эффективность обработки месторождения Кальмакыр может быть повышена за счет вовлечения в переработку забалансовых руд. Целесообразность этого для забалансовых руд, расположенных в проектном\* контуре Кальмакырского карьера, доказывается следующим.

Вовлечение в переработку забалансовых руд снизит затраты на добычу балансовых руд, во-первых, за счет уменьшения объема горной массы, складываемой в отвалы, и, во-вторых, за счет значительного улучшения и упрощения технологии обработки балансовых руд, так как совместная обработка балансовых и забалансовых руд во многих случаях дает возможность перейти от селективной обработки рудных тел к валовой. Последнее дает возможность удлинить фронт работ, увеличить высоту уступа, сократить потери металла при добыче, применить более мощную технику и провести другие мероприятия, обеспечивающие снижение удельных затрат на добычу балансовых руд.

Суммарная извлекаемая ценность из 1 т забалансовых руд при современном уровне извлечения полезных компонентов в готовую продукцию на Алмалыкском ГМК составляет 57% от таковых же для балансовых руд.

\* Согласно ТЭО Гипроцветмета, 1970 г.



Институтом «Механобр» в 1969 г. обоснована возможность увеличения (по сравнению с проектной) производственной мощности Алмалыкской МОФ по переработке руды на 15%. Следовательно, если увеличить производственную мощность Алмалыкской МОФ до указанного выше размера и загрузить дополнительную мощность забалансовыми рудами месторождения Кальмакыр, то добыча меди на Кальмакырском карьере возрастет на 8%. Увеличение же добычи условной меди при этом за счет более высокой комплексности забалансовой руды, по сравнению с балансовой, составит 10%.

Удельные эксплуатационные и капитальные затраты на добычу 1 т забалансовой руды и извлечение из нее полезных компонентов в готовую продукцию составляют соответственно 67 и 33% от таковых же затрат для 1 т балансовой руды (табл. 51).

Таблица 51

Структура затрат на добычу руды и извлечение из нее полезных компонентов по переделам медного производства АГМК

Показатели	Удельные затраты на 1 т руды, %			
	балансовой		забалансовой	
	эксплуатационные	капитальные	эксплуатационные	капитальные
Добыча руды . . . . .	23	22	—5	—
Транспортировка руды . . . . .	3	7	3	2
Переработка руды . . . . .	48	43	46	16
Металлургический передел . . . . .	15	14,0	6,5	6
Сернокислотное производство . . . . .	9	7	5,5	6
Расходы . . . . .	1,5	7	0,7	2
Общекорбинатские внепроизводственные . . . . .	0,5		0,3	1
Итого . . . . .	100	100	67	33

Таким образом, вовлечение в переработку забалансовых руд месторождения Кальмакыр, расположенных в проектном контуре Кальмакырского карьера, дает возможность медному производству АГМК увеличить выпуск меди на 6,5% и условной меди на 8% при равных эксплуатационных и более низких (в 1,75 раза) удельных капитальных затратах. Поскольку эксплуатационные затраты на переработку руд и концентратов имеют тенденцию к снижению во времени, а извлекаемая из них ценность возрастает, то в перспективе экономичность переработки забалансовых руд, расположенных внутри Кальмакырского карьера, будет непрерывно возрастать.

Еще более значительным резервом повышения эффективности отработки месторождения Кальмакыр является расширение границ карьера и увеличение на этой основе его производительной мощности. Запасы полезных компонентов, находящиеся за пределами проектного контура карьера, по категориям В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> по отношению к таковым же запасам в балансовых рудах в контуре карьера составляют 110% (медь) и 118% (условная медь). В том числе за пределами карьера находится 34% балансовых запасов меди от таковых же в контуре карьера. Отношение средних содержаний полезных компонентов в руде за пределами карьера и в контуре его составляет 0,65 (медь) и 0,70 (условная медь).

Отработка балансовых руд, расположенных за пределами проектного контура карьера, экономически нецелесообразна ни открытым, ни

тем более подземным способом. Совместная же отработка открытым способом балансовых и забалансовых руд, расположенных за пределами проектного контура карьера, является высокоэкономичной (И. И. Пляскин, С. Г. Чунихин, Б. Т. Рыбалка, В. Ю. Деды и др., 1970 г.) При обосновании экономической эффективности отработки месторождения Кальмакыр авторы приняли за основу методику, базирующуюся на динамическом принципе обоснования технико-экономических показателей работы горно-металлургических предприятий и учитывающую влияние научно-технического прогресса на эффективность разработки крупных месторождений открытым способом.

Применение указанной методики дало возможность перечисленному выше коллективу авторов выявить значительные резервы повышения эффективности разработки месторождения Кальмакыр во времени и в целях реализации этих резервов рекомендовать:

значительное расширение границ Кальмакырского карьера (до глубины 600 м от устья выездной траншеи), позволяющее практически полностью отработать открытым способом выявленные запасы месторождения;

увеличение производственной мощности Кальмакырского карьера по добыче руды — в 1,75 раза, меди — в 1,4 раза, условной меди — в 1,45 раза, а также соответствующее расширение перерабатывающего комплекса медного производства АГМК;

осуществление комплексной разработки месторождений Кальмакыр с прилегающими к нему месторождениями Дальнее, Северо-Западный Балыкты и Карабулак с учетом возможности отработки открытым способом практически всех выявленных запасов данных месторождений и доведение на этой основе мощности медного производства по меди до величины, превышающей проектную мощность в 1,75 раза.

Одновременно намечались конкретные пути внедрения предлагаемых рекомендаций:

1) выделены этапы разработки месторождения Кальмакыр в соответствии с основными тенденциями совершенствования технологии открытых горных работ для условий разработки крепких скальных пород;

2) для каждого из этапов выбраны структуры комплексной механизации и даны основные параметры (границы отработки, производственная мощность по руде и горной массе и др.).

3) определен порядок отработки месторождения по этапам и периодам;

4) подсчитаны запасы бедных руд на месторождении;

5) разработаны новые промышленные кондиции;

6) произведена оценка попутных компонентов;

7) даны рекомендации по повышению комплексности использования сырья.

При составлении рекомендаций учтены конкретные особенности разработки месторождения Кальмакыр — в первую очередь масштаб запасов и крупные параметры рудных тел. Потому основной упор сделан на необходимость внедрения для интенсификации разработки карьера на первом этапе максимального по мощности, большегрузного, высокопроизводительного, современного горнотранспортного оборудования. Отмечено также, что основным направлением совершенствования технологии разработки месторождения во времени является осуществление постепенного перехода от циклической системы разработки к циклично-поточной и поточной. Эти мероприятия обеспечат не только увеличение производственной мощности карьера, но и существенно снизят удельные затраты на добычу руды и горной массы.

Согласно производственным технико-экономическим расчетам осуществление указанных рекомендаций позволяет медному производству АГМК при полной отработке месторождения выпустить дополнительно, по сравнению с проектом (ТЭО Гипроцветмета, 1970), на 4,5 млрд. руб. готовой продукции и получить при этом дополнительную прибыль в размере 1,8 млрд. руб. Ежегодная дополнительная прибыль Алмалыкского ГМК за первые 19 лет согласно расчетам должна составить 27,8 млн. руб. Срок обеспеченности рудника запасами увеличивается на 27 лет. Окупаемость капиталовложений, необходимых на расширение медного производства АГМК, выше средненормативной по медной промышленности СССР.

Продолженные в 1971—1972 гг. различными научными и производственными организациями исследования вопросов повышения эффективности работы медного производства АГМК и использования его сырьевой базы, а также улучшение за эти годы технико-экономических показателей работы АГМК значительно укрепили обоснованность указанных выше рекомендаций. Результаты проведенных в 1971—1972 гг. Алмалыкской ГРЭ, Алмалыкским ГМК и Институтом «Гинцветмет» полупромышленных испытаний обогатимости бедных сульфидных руд месторождения Кальмакыр показали возможность получения из них высококачественных медных концентратов (с содержанием меди 16—18%) при извлечении 75—80% меди в концентрат. Институтами ВНИМИ и Средазнипроцветмет обоснована возможность увеличения угла наклона бортов Кальмакырского карьера на 3—4° по сравнению с принятыми в рекомендациях 1970 г. Это позволит при полной отработке описываемых месторождений сократить объем вскрышных работ более чем на миллиард кубометров.

Институтом Средазнипроцветмет при определении эффективности использования сырьевой базы медного производства АГМК обоснована целесообразность уменьшения на 30% величины удельной себестоимости обогащения руды, принятой в проекте. За 1971—1972 гг. в результате совершенствования технологии и организации производства сквозное извлечение меди в готовую продукцию на Алмалыкском ГМК увеличилось на 3%, условной меди — на 3,6%, а удельные затраты на производство 1 т меди (вайербарсов) снизились более чем на 10%.

Изложенное выше, а также достижения технического прогресса на передовых отечественных и зарубежных предприятиях в области открытой разработки месторождений, обогащения медно-молибденовых руд и в металлургическом переделе меди позволили Алмалыкскому ГМК (авторы М. Р. Рамазанов, А. С. Левицкий, В. Ю. Деды, С. Г. Чунихин и др.) в 1972 г. рекомендовать (при условии выделения комбинату соответствующих ассигнований, оборудования, трудовых и материальных ресурсов) возможность интенсификации использования месторождений Алмалыка и увеличения на этой основе к 1985 г. мощности медного производства АГМК по сравнению с проектной в 3 раза.

Рекомендации учтены Министерством цветной металлургии СССР, давшим заключение о целесообразности дальнейшего значительного развития медного производства на комбинате. Признано необходимым вести расширение комбината поэтапно. На первом этапе (1976—1980 гг.) намечено форсированное строительство объектов медного производства АГМК. Это обеспечит увеличение к 1980 г. производства меди из собственного сырья в 1,5—1,6 раза, по сравнению с уровнем 1973 г. Указана необходимость усиления поисковых и разведочных работ для прироста запасов медных руд в Алмалыкском районе, форсирования проектных работ по расширению Кальмакырского карьера, проведения дальнейших

исследований по извлечению меди и попутных цветных и редких металлов из обычных и бедных руд Алмалыкского района. Предложено дать экономическую оценку и предусмотреть возможность промышленного использования забалансовых руд, находящихся в контуре Кальмакырского карьера, разработать в 1974—1975 гг. ТЭД о дальнейшем расширении медного производства АГМК с учетом предложений Алмалыкского комбината.

Помимо указанных выше возможностей возрастания полноты и интенсификации отработки месторождения Кальмакыр, значительным резервом улучшения использования сырьевой базы медного производства АГМК является вовлечение в разработку остальных месторождений Алмалыка. Так, в настоящее время на месторождении Сарычеку закончены горно-подготовительные работы и начата разработка. Содержание меди в руде Сарычеку в 1,15 раза выше, чем в кальмакырской. При достижении карьером Сарычеку проектной мощности добыча меди на Алмалыкском комбинате за счет разработки месторождения Сарычеку увеличится в 1,2 раза; среднее содержание меди в добытой руде возрастет в 1,03 раза.

Значительно эффективнее разработка месторождений Дальнее, Северо-Западный Балыкты и Карабулак, прилегающих к Кальмакыру. Выявленные к настоящему времени суммарные запасы этих месторождений практически равны запасам Кальмакыра \* (Дальнее — 78%, Северо-Западный Балыкты — 10% и Карабулак — 12%). Среднее содержание меди в руде данных месторождений в 1,1 раза выше, чем в кальмакырской. Однако в связи с тем, что содержание попутных компонентов (молибдена и золота) в руде этих месторождений ниже, чем на Кальмакыре, содержание условной меди в их руде практически равно таковому же по Кальмакыру (при современном уровне комплексности использования сырья).

Горно-геологические условия данных месторождений благоприятные, что дает возможность практически полностью отработать их открытым способом: месторождения Дальнее и Северо-Западный Балыкты до глубины 700 м, Карабулак — до глубины 400 м (Средазнипроцветмет, 1970). Сближенность данных месторождений между собой и с месторождением Кальмакыр позволяет разработать их комплексно, единым карьерным полем, которое со временем должно превратиться в единый гигантский карьер протяженностью по поверхности: по длинной оси — 7 км, по короткой — 3 км.

Коэффициент вскрыши при отработке указанных месторождений несколько выше, чем при отработке Кальмакыра, но значительно ниже предельного. Если принять средний эксплуатационный коэффициент вскрыши при отработке месторождения Кальмакыр за единицу, то для остальных месторождений он составит: Дальнее — 2, Северо-Западный Балыкты — 5, Карабулак — 1,8.

Учитывая, что погашение ГПР в себестоимости добычи на Кальмакыре должно составлять примерно 50% (в настоящее время оно составляет 45%), то превышение коэффициента вскрыши должно увеличить себестоимость добычи руды на месторождении Дальнее в 1,5 раза, на месторождении Балыкты в 3 и на месторождении Карабулак — в 1,4 раза. Удельная себестоимость добычи руды на месторождении Кальмакыр составляет примерно 25% от общей себестоимости добычи руды и извлечения из нее полезных компонентов. Удельная себестоимость продукции из руд прилегающих месторождений должна превы-

\* Запасы Кальмакыра приняты за 100%.

шать таковую же из руд месторождения Кальмакыр для Дальнего — в 1,12 раза, для Карабулака — в 1,1 и для Северо-Западного Балыкты — в 1,5 раза.

Таким образом, превышение коэффициента вскрыши для прилегающих месторождений, хотя и обуславливает удорожание себестоимости производимой продукции, однако не может служить серьезным препятствием для вовлечения в разработку данных месторождений, поскольку превышение затрат происходит всего лишь в 1,15 раза.

Вовлечение в отработку месторождений Дальнее, Северо-Западный Балыкты и Карабулак практически в два раза увеличивает отработываемые запасы района и дает возможность увеличить в 2 раза мощность медного производства Алмалыкского ГМК, по сравнению с проектной. Такое увеличение масштаба производства должно примерно на 15% снизить себестоимость производства продукции. Следовательно, если всю разницу в себестоимости продукции отнести на счет месторождений, обеспечивающих рост масштаба производства, то окажется, что вовлечение в разработку месторождений Дальнее, Северо-Западный Балыкты и Карабулак не только повышает, но даже несколько снижает удельные эксплуатационные затраты на производство готовой продукции медным производством АГМК. Если к тому же учесть, что отработка месторождений Дальнее и Северо-Западный Балыкты снижает объем вскрышных работ на месторождении Кальмакыр на сотни миллионов кубометров и способствует уменьшению удельных капитальных затрат за счет комплексного решения вопросов транспорта, энергоснабжения и целого ряда других, то высокая эффективность вовлечения в разработку этих месторождений становится очевидной.

Таким образом, совместная отработка пяти месторождений района (Кальмакыр, Сарычеку, Дальнее, Северо-Западный Балыкты и Карабулак) дает возможность значительно (в 2—3 раза) увеличить мощность медного производства АГМК.

#### ПРИМЕРНЫЕ ЭТАПЫ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАСШИРЕНИЯ МЕДНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Комплексное освоение месторождений района должно разбиваться на несколько этапов в соответствии с основными этапами научно-технического прогресса в горнодобывающей и медной отраслях промышленности и в целом по народному хозяйству, а также с учетом роста народнохозяйственной потребности в меди и других полезных компонентах, содержащихся в рудах рассматриваемых месторождений. При выделении этапов учитывается необходимый объем капиталовложений на расширение производства.

При выборе оптимальных параметров этапов комплексного освоения месторождений района за основу была принята изложенная выше методика динамического (поэтапного) обоснования эффективности разработки крупных месторождений открытым способом, позволяющая с максимальной полнотой учесть влияние во времени научно-технического прогресса на эффективность разработки месторождений.

Учет размера капиталовложений в расширение медного производства АГМК осуществлен нами с помощью вариантного метода. Первый вариант рассчитан на экстенсивное использование сырьевой базы медного производства и предполагает расширение последнего в 2 раза к 1990 г., вследствие чего требует значительно меньших капиталовложений, по сравнению со вторым вариантом, рассчитанным на интенсивное

Примерные этапы комплексного освоения  
месторождений и эффективность медного производства  
Алмалыкского горно-металлургического комбината

Показатели по месторождениям	Единица измерения	I	II	III	IV	V
		1971— 1985 гг	1986— 2000 гг	2001— 2015 гг	2015— 2030 гг	после 2030 г
Добыча руды:						
Кальмакыр . . . . .	Отн. %	87*	64	11	—	—
		$\frac{10}{154}^{**}$	$\frac{154}{408}$	$\frac{154}{192}$	$\frac{154}{—}$	$\frac{80}{—}$
		$\frac{154^{***}}{—}$	$\frac{408}{—}$	$\frac{192}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$
Сарычеку . . . . .	»	1	8	—	—	—
		$\frac{1}{18}$	$\frac{8}{14}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$
Дальнее . . . . .	»	—	31	34	—	—
		$\frac{—}{15}$	$\frac{31}{62}$	$\frac{34}{93}$	$\frac{—}{93}$	$\frac{—}{172}$
		$\frac{—}{38}$	$\frac{102}{—}$	$\frac{232}{—}$	$\frac{67}{—}$	$\frac{—}{—}$
Северо-Западный Балыкты	*	—	—	—	—	—
		$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{10}$	$\frac{—}{15}$	$\frac{—}{15}$	$\frac{—}{9}$
		$\frac{—}{8}$	$\frac{—}{14}$	$\frac{—}{15}$	$\frac{—}{17}$	$\frac{—}{—}$
Карабулак . . . . .	Относит. %	—	—	—	—	—
		$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{1}$	$\frac{—}{22}$	$\frac{—}{22}$	$\frac{—}{2}$
		$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{1}$	$\frac{—}{23}$	$\frac{—}{19}$	$\frac{—}{—}$
Другие месторождения .	»	—	—	—	—	—
		$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{359}$	$\frac{—}{462}$
Итого по всем месторож- дениям . . . . .	»	100	103	45	—	—
		$\frac{100}{133}$	$\frac{103}{269}$	$\frac{45}{285}$	$\frac{—}{285}$	$\frac{—}{298}$
		$\frac{133}{223}$	$\frac{269}{462}$	$\frac{285}{462}$	$\frac{285}{462}$	$\frac{298}{462}$
В среднем за год						
Кальмакыр . . . . .	»	5,8	4,3	0,7	—	—
		$\frac{5,8}{6,9}$	$\frac{4,3}{10,3}$	$\frac{0,7}{10,3}$	$\frac{—}{10,3}$	$\frac{—}{—}$
		$\frac{6,9}{10,3}$	$\frac{10,3}{20,5}$	$\frac{10,3}{16,7}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$
Сарычеку . . . . .	»	0,9	0,5	—	—	—
		$\frac{0,9}{1,0}$	$\frac{0,5}{1,0}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$
		$\frac{1,0}{1,2}$	$\frac{1,0}{0,9}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$
Дальнее . . . . .	»	—	2,1	2,3	—	—
		$\frac{—}{1,0}$	$\frac{2,1}{4,1}$	$\frac{2,3}{6,2}$	$\frac{—}{6,2}$	$\frac{—}{4,5}$
		$\frac{1,0}{2,5}$	$\frac{4,1}{6,7}$	$\frac{6,2}{15,4}$	$\frac{6,2}{4,5}$	$\frac{—}{—}$
Северо-Западный Балыкты .	Относит. %	—	—	—	—	—
		$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{1,3}$	$\frac{—}{1,0}$	$\frac{—}{1,0}$	$\frac{—}{1,1}$
		$\frac{—}{0,5}$	$\frac{—}{1,3}$	$\frac{—}{1,0}$	$\frac{—}{1,1}$	$\frac{—}{—}$
Карабулак . . . . .	»	—	—	—	—	—
		$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{1,2}$	$\frac{—}{1,5}$	$\frac{—}{1,5}$	$\frac{—}{1,5}$
		$\frac{—}{0,3}$	$\frac{—}{1,3}$	$\frac{—}{1,5}$	$\frac{—}{1,3}$	$\frac{—}{—}$
Другие месторождения . . .	»	—	—	—	—	—
		$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$	$\frac{—}{—}$
Итого по всем месторожде- ниям . . . . .	»	13,0	9,4	—	—	—
		$\frac{13,0}{17,0}$	$\frac{9,4}{25,4}$	$\frac{—}{27,8}$	$\frac{—}{37,8}$	$\frac{—}{60,0}$
		$\frac{17,0}{29,0}$	$\frac{25,4}{60,0}$	$\frac{27,8}{60,0}$	$\frac{37,8}{60,0}$	$\frac{—}{—}$

Показатели по месторождениям	Единица измерения	I	II	III	IV	V
		1971—1985 гг.	1986—2000 гг.	2001—2015 гг.	2015—2030 гг.	после 2030 г.
Добыча горной массы						
Кальмакыр . . . . .	млн. м <sup>3</sup>	358	153	17	—	—
		360	440	480	480	240
		440	960	600	—	—
Сарычеку . . . . .	»	100	57	—	—	—
		100	57	—	—	—
		100	57	—	—	—
Дальнее . . . . .	»	—	164	93	—	—
		70	260	420	420	830
		180	460	1060	390	—
Северо-западный Балыкты .	млн. м <sup>3</sup>	—	—	—	—	—
		—	260	200	200	150
		105	260	210	220	—
Карабулак . . . . .	»	—	—	—	—	—
		—	110	110	110	30
		30	110	110	110	—
Другие месторождения . . .	»	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—
		—	—	—	1550	2250
Итого по всем карьерам . .	»	458	374	110	—	—
		530	1127	1210	1210	1250
		855	1850	1980	2180	2250
В среднем за год по всем карьерам . . . . .		31	25	7	—	—
		35	75	81	81	83
		57	123	132	148	150
Среднее содержание в руде в карьерах меди . . . . .	Осн. %	100	92	80	—	—
		86	70	66	66	63
		80	64	67	63	63
условной меди . . . . .	»	100	91	84	—	—
		93	80	78	78	78
		90	78	75	75	75
Запасы в руде (в недрах) меди . . . . .	Отн. %	100	196	38	—	—
		115	187	194	194	190
		175	297	292	292	292
условной меди . . . . .	»	100	93	37	—	—
		124	215	223	223	223
		216	358	348	348	348
Извлечение полезных компонентов при добыче . . . . .	Доли ед.	0,96	0,97	0,97	—	—
		0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
		0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
Извлечение при обогащении меди . . . . .	»	0,86	0,88	0,90	—	—
		0,85	0,87	0,89	0,91	0,92
		0,84	0,87	0,89	0,91	0,92
условной меди . . . . .	»	0,75	0,90	0,85	0,88	0,90
Извлечение при металлургическом переделе меди . . . . .	»	0,97	0,975	0,98	0,985	0,99
условной меди . . . . .	»	0,90	0,92	0,93	0,94	0,95

Показатели по месторождениям	Единица измерения					
		1971—1985 гг.	1970—2000 гг.	2000—2015 гг.	2015—2030 гг.	после 2030 г.
Сквозное извлечение в готовую продукцию меди . . . . .	*	0,80	0,835	0,855	—	—
		0,81	0,83	0,86	0,89	0,90
		0,81	0,84	0,87	0,90	0,91
условной меди . . . . .	Доли ед.	0,65	0,70	0,83	—	—
		0,67	0,72	0,77	0,81	0,85
		1,68	0,73	0,78	0,82	0,86
Выпуск готовой продукции меди . . . . .	Относит. %	100	101	40	—	—
		115	192	205	213	209
		175	307	313	324	327
условной меди . . . . .	*	100	101	42	—	—
		128	203	265	273	295
		184	403	418	440	462
Удельные эксплуатационные затраты на производство 1 т меди . . . . .	*	100	82	68	—	—
		96	79	65	53	44
		92	76	62	50	40
условной меди . . . . .	*	60	49	41	—	—
		55	44	35	25	25
		50	39	31	29	20
Прибыль . . . . .	*	100	125	63	—	—
		140	275	440	560	—
		220	618	800	1050	Более 1100
Удельные капиталовложения на 1 т условной меди . . . . .	*	100	95	—	—	—
		95	90	85	80	Менее 80
		90	85	80	75	Менее 75
Рентабельность . . . . .	Относит. %	100	120	150	—	—
		125	150	180	200	220
		150	180	200	225	250

\* Вариант Гипроцветмета (1970 г.).

\*\* Вариант авторов (экстенсивная разработка месторождений).

\*\*\* Вариант авторов (интенсивная разработка месторождений).

использование сырьевой базы медного производства и предполагающим расширение последнего в 3 раза к 1985 г.

Технико-экономическое сравнение указанных вариантов с действующим проектом (ТЭО Гипроцветмета, 1970) (табл. 52) показывает, что предлагаемые авторами варианты комплексной обработки месторождений района и расширения медного производства АГМК позволяют, по сравнению с проектом, не только увеличить выпуск продукции, но и увеличить срок обеспеченности рудника запасами (без учета затухания мощности по первому варианту на 35 лет и по второму варианту на 15 лет) при одновременном возрастании прибыли, снижении удельной себестоимости продукции и повышении рентабельности производства. Следовательно, оба предлагаемых авторами варианта комплексной разработки описываемых месторождений предпочтительнее проектного.



Предлагаемые варианты являются граничными для множества возможных вариантов развития медного производства АГМК в зависимости от намечаемых темпов отработки месторождений. Следует отметить, что намечаемые в настоящее время на ближайшую перспективу (до 1980 г.) темпы отработки месторождений находятся между предлагаемыми вариантами, но несколько ближе к первому варианту. Однако есть предпосылки, что после 1980 г., а может быть даже и раньше, темпы отработки месторождений района начнут приближаться ко второму из предлагаемых вариантов.

Таким образом, учитывая высокую экономическую эффективность обоих рассматриваемых вариантов, можно утверждать, что месторождения Алмалыка представляют собой большую промышленную ценность, являются надежной основой дальнейшего значительного расширения и развития медного производства АГМК и практически могут быть полностью отработаны открытым способом с получением значительного экономического эффекта Алмалыкским ГМК и народным хозяйством страны.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Алмалыкский рудный район, в котором находятся медно-порфировые, полиметаллические и золоторудные месторождения, является одним из важнейших в Средней Азии. Этот район характеризуется широким спектром промышленно важных цветных, благородных и редких металлов, в число которых, кроме главных — меди, молибдена, свинца и цинка, входят также сера, золото, серебро, рений, селен, теллур, висмут, кадмий, индий, палладий, кобальт и другие редкие элементы.

Район площадью 850 км<sup>2</sup> расположен в юго-западной части Бельтау-Кураминской металлогенической зоны, представляющей собой крайнюю часть срединного массива, активизированную наложенным герцинским вулканоплутоническим поясом. Характерными геолого-структурными особенностями Алмалыкского района являются:

- 1) сложная блоково-глыбовая тектоника с реликтовыми фрагментами преимущественно субширотных складчатых дислокаций;
- 2) насыщенность крупными долгоживущими разломами северо-западного субширотного и северо-восточного направлений;
- 3) преобладание интрузивных и вулканогенных пород и широкое развитие протяженных зон гиабиссальных и субвулканических штоков порфировых интрузивов;
- 4) широкое площадное развитие метасоматитов магнезиально-известково-скарновой, пропилитовой и серицито-кварцитовых формаций.

Медно-порфировые месторождения Алмалыка имеют много общего с медно-молибденовыми (медно-порфировыми) месторождениями других районов мира. В то же время для них характерны и своеобразные особенности, из которых наиболее интересно наличие золота.

Кроме того, руды описываемых месторождений содержат в себе большой комплекс редких и рассеянных элементов. К особенностям месторождений относится также большой размах оруденения, значительные параметры рудных тел, сближенность многих месторождений, близповерхностное залегание рудных тел, слабая обводненность, высокая комплексность руд и относительная простота технологии извлечения большинства полезных компонентов из руд.

Перечисленные признаки описываемых месторождений в сочетании с благоприятным экономико-географическим положением позволяют сделать вывод о высокой экономичности практически полной их отработки открытым способом и, следовательно, высокой их промышленной ценности как источника для получения большого количества различных цветных, благородных и редких металлов.

Значительная концентрация производства на Алмалыкском комбинате и благоприятные предпосылки для ее дальнейшего увеличения обуславливают целесообразность дальнейшего снижения промышленных кондиций.

При экономической оценке описываемых месторождений авторы придавали большое значение учету влияния научно-технического прогресса и других факторов времени на эффективность разработки месторождений. В связи с этим предложена и применена на практике принципиально новая методика обоснования экономической эффективности разработки крупных рудных месторождений открытым способом, базирующаяся на динамическом (поэтапном) принципе развития горных работ на крупных карьерах и позволяющая максимально учитывать влияние научно-технического прогресса и других факторов времени не только при выборе важных технико-экономических решений, но и при обосновании отдельных показателей.

Применение данной методики к конкретным условиям сырьевой базы медного производства АГМК дало возможность построить (запрогнозировать) динамическую модель отработки месторождений Алмалыка и на этой основе выдать научно обоснованные рекомендации рационального их использования во времени. Обобщение опыта передовых отечественных и зарубежных предприятий в области открытой разработки и обогащения руд, металлургии меди, повышении комплексности использования сырья, строительства и реконструкции горно-металлургических предприятий, эксплуатирующих медно-молибденовые месторождения, легло в основу рекомендаций, составленных авторами, о целесообразности практически полной отработки запасов описываемых месторождений и значительной интенсификации их комплексного использования.

Данная работа представляет собой результат объединения творческих усилий большого коллектива геологов, технологов и экономистов и в этом отношении является первой попыткой комплексного решения проблемы. Практическая и научная ценность выводов, полученных в процессе создания монографии, должна стимулировать дальнейшее расширение работ подобного рода, призванных решать такие крупные вопросы, как рациональное использование минерально-сырьевых ресурсов отдельных промышленных районов.

Авторы надеются, что предлагаемый труд послужит одной из ступеней для комплексного обоснования рационального использования всех минеральных ресурсов Алмалык—Ангренского горно-промышленного района, а также, возможно, и пособием при оценке сырьевой базы других промышленных районов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Абдуллаев Х. М., Адельваг А. С. [и др.]. Основные черты магматизма и металлогении Чаткало-Кураминских гор, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1958.
- Айзенштат И. А., Вольфсон Н. Б., Денисов С. А., Мусин Р. А. О генетической связи медно-молибденового оруденения Алмалыкского района с интрузиями и ее значение для поисков руд, «Узб. геол. ж.», 1960, № 3.
- Албул С. П., Гарьковец В. Г. [и др.] Гидрогеологический и сорбционно-солевой метод поисков рудных месторождений в предгорных и горных районах Узбекской ССР, М., 1966.
- Арапов Ю. А. К минералогии некоторых месторождений Карамазара, Труды Тадж. базы, т. IV, геология и геохимия, 1935.
- Арапов В. А. Стратиграфия эффузивной толщи верхнего палеозоя северной части Западного Карамазара, «Узб. геол. ж.», 1960, № 6.
- Арапов В. А. Некоторые особенности герцинской тектоники Кураминского хребта, «Узб. геол. ж.», 1965, № 2.
- Ахмеджанов М. А., Борисов О. М., Мусин Р. А., Якубов Д. Х. О тектоническом строении Алмалыкского рудного поля, «Узб. геол. ж.», 1963, № 3.
- Ачкасова Е. Б., Бадалова Р. П., Бадалов С. Т., Палей Л. З. Особенности распределения золота в эндогенных месторождениях Алмалыка, Сб. «Геология, минералогия и геохимия рудных регионов Узбекистана», Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1969.
- Бадалов С. Т. К методике изучения редких и рассеянных элементов в рудных месторождениях, Тр. Главгеологии УзССР, сб. 2, 1962.
- Бадалов С. Т. Минералогия и геохимия эндогенных месторождений Алмалыкского рудного района, Ташкент, Изд-во «Наука» УзССР, 1965.
- Бадалов С. Т. О роли преобладающих компонентов в геохимии второстепенных и редких элементов рудных месторождений, «Геохимия», 1965, № 9.
- Бадалов С. Т. Об учете минералов-носителей редких элементов при комплексном использовании руд Алмалыка, «Узб. геол. ж.», 1965, № 6.
- Бадалов С. Т. Минералого-геохимические особенности золоторудных месторождений и рудопроявлений Алмалыка, Сб. «Рудные формации и основные черты металлогении золота в Узбекистане», Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1969.
- Бадалов С. Т. К методике геохимических исследований месторождений, «Узб. геол. ж.», 1969, № 6.
- Бадалов С. Т. К вопросу о генезисе эндогенного оруденения Карамазара, Зап. Узб. Отд. ВМО, вып. 22, 1970.
- Бадалов С. Т., Туресебеков А. Сравнительная геохимическая характеристика медно-молибденовых месторождений Алмалыкского рудного района, В сб. «Геология, минералогия и геохимия рудных полей Узбекистана», Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1970.
- Бадалов С. Т., Моисеева М. И. К геохимии важнейших рудообразующих элементов Кураминского хребта, Сб. «Минералогия и геохимия сульфидных месторождений Узбекистана», Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1966.
- Бадалов С. Т., Туресебеков А. Новые данные о распространении ангидритогипсовых пород палеозойского возраста в Карамазаре, «Узб. геол. ж.», 1967, № 2.
- Бадалов С. Т., Бадалова Р. П. Некоторые закономерности распределения золота и серебра в главнейших рудных минералах эндогенных месторождений Карамазара и Западного Узбекистана, «Геохимия», 1967, № 7.
- Бадалов С. Т., Виноградов В. И. К вопросу об источниках серы в эндогенных месторождениях Северо-Западного Карамазара, Сб. «Изотопы серы и вопросы рудообразования», М., 1967.

- Бадалов С. Т., Поваренных А. С. О формах вхождения элементов-примесей в сульфиды. Минералог сб Львовск. ГУ, № 21, вып. I, 1967.
- Бадалов С. Т., Голованов И. М., Дунин-Бялковская Э. А. Геохимические особенности рудообразующих и редких элементов эндогенных месторождений Чаткало-Кураминских гор, Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1971.
- Бадалова Р. П., Маркова Э. А., Моисеева М. И. Сравнительная минералого-геохимическая характеристика месторождений и рудопоявлений эндогенных формаций золота в Узбекистане, в кн. «Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана», Ташкент, Изд-во «Фан», 1969.
- Бадалова Р. П., Палей Л. З. Золоторудные формации Узбекистана, В сб. «Некоторые закономерности размещения эндогенного оруденения в Узбекистане», Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1965.
- Бевуни А. X. Определение экономической эффективности в цветной металлургии, М., ГОНТИ, 1963.
- Быховер К. А. Экономика минерального сырья, М., Изд-во «Недра», 1969.
- Буниев А. И. Итоги работы предприятий цветной металлургии за пятилетку и задачи по их техническому перевооружению, «Горный журнал», 1971, № 2.
- Бутыева Е. Р., Дабижа Н. И., Викторов В. Ф., Рахубенков А. Т. Закономерности размещения медно-порфировых месторождений в Алмалыкском районе, Тезисы Совещания по геологии медно-порфировых месторождений, Алма-Ата, 1971.
- Васильев М. В. Современные тенденции в развитии горнотранспортного оборудования для открытых работ, «Горный журнал», 1972, № 8.
- Васильковский Н. П. Стратиграфия и вулканизм верхнего палеозоя юго-западных отрогов Северного Тянь-Шаня, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1952.
- Вахрушев В. А., Цимбалист В. Г. Распределение золота в сульфидных скарновых месторождениях Алтае-Саянской области, «Геохимия», 1967, № 10.
- Великоборец Т. А., Лукьяненко Е. М. О формах нахождения кобальта в пирите, «Геохимия», 1970, № 7.
- Вендланд К. Н. Геология и петрология Алмалыкского рудного района. ТрСАНИ, вып. 2(10), Ташкент, 1938.
- Вещицкий И. Г., Килдышев Г. Е. Основы математической статистики, М., Госстатиздат, 1968.
- Викторов В. Ф. Измененные окolorудные породы в Алмалыкском районе и их поисковое значение, Автореф. канд. дисс., Ташкент, 1965.
- Викторов В. Ф., Мещанинов Е. З., Азин В. Н. Размещение окolorудно-измененных пород и оруденения на комплексном медно-золото-молибденовом месторождении Алмалыкского района, В сб. «Геология медно-порфировых месторождений Казахстана и Средней Азии», Алма-Ата, 1972.
- Виноградов А. П. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры, «Геохимия», 1962, № 7.
- Виноградов В. И., Бадалов С. Т., Туресебеков А. О возможной роли осадочных сульфатов в эндогенном рудообразовании Карамазара, «Геол. рудных месторождений», т. II, № 1, 1969.
- Виноградов В. И., Логинов В. П. Эффективность комплексного использования минерально-сырьевых ресурсов, М., Изд-во «Недра», 1969.
- Вольфсон Н. Б., Гарьковец В. Г., Хваловский А. Г. Опыт применения геофизических методов при решении некоторых вопросов глубинного геологического картирования в Алмалыкском районе, «Советская геология», 1961, № 1.
- Вольфсон Н. Б., Гарьковец В. Г., Хваловский А. Г. Опыт использования геофизических методов при геологическом обосновании поисков медно-порфировых руд в Алмалыкском рудном районе, «Советская геология», 1964, № 2.
- Вольфсон Ф. И. Развитие учения о рудных месторождениях в СССР, М., Изд-во «Наука», 1969.
- Вольфсон Ф. И. [и др.] Основные вопросы и методы изучения структур рудных полей и месторождений, М., Гостеолтехиздат, 1960.
- Галкин Б. И., Бирюков В. И., Крейтер В. М. [и др.] Разведка штокверковых месторождений цветных и редких металлов, М., Гостеолтехиздат, 1962.
- Гарьковец В. Г. К вопросу разработки методики поисков скрытого оруденения в Алмалыке, Ученые записки САНГИМСа, № 5, Ташкент, 1961.
- Гарьковец В. Г. О структурно-металлогенической связи Тянь-Шаня с Уралом. «Сов. геология», № 4, 1964.
- Гарьковец В. Г. О психках приповерхностных рудных месторождений, «Разведка и охрана недр», 1966, № 12.
- Гарьковец В. Г. Новые данные о связи Тянь-Шаня с Уралом и вопросы металлогенического районирования Узбекистана, «Советская геология», 1967, № 11.
- Гарьковец В. Г. Тектоника и металлогения Узбекской ССР (предисловие), Изд-во «ФАН» УзССР, Ташкент, 1967.

- Гарьковец В. Г. О закономерностях строения и развития Магнетитового пояса Срединного Тянь Шаня, «Узб. геол. журнал», 1970, № 5.
- Гарьковец В. Г. Структурно-металлогеническое районирование и перспективы некоторых видов эндогенного оруденения Узбекистана, Доклад на соискание ученой степени кандидата геол. мин. наук, Ташкент, 1971.
- Гарьковец В. Г., Хваловский А. Г. Новые данные о геофизических поисках скрытых и погребенных рудных тел в Алмалыкском районе, «Разведка и охрана недр», 1961, № 1.
- Гарьковец В. Г., Вольфсон Н. Б., Хваловский А. Г. Основные рудоконтролирующие структуры Алмалыкского рудного района и принципы их выделений, Сб. «Геофизич. методы при крупномасштабн. прогнозир. сульфид. месторождений», М., Изд-во «Недра», 1970.
- Гатов Т. А. Обоснование минимального содержания цветных металлов в руде, М., Изд-во «Недра», 1969.
- Григорьев А. Д. Научно-технический прогресс и использование промышленных конструкционных материалов, М., Изд-во «Наука», 1972.
- Грушков Н. Т. Экономическая реформа в цветной металлургии. Опыт работы предприятий цветной металлургии в новых условиях планирования и экономического стимулирования, Центральный научно-исследовательский институт техн. эконом. исслед., М., 1969.
- Голованов И. М. Фации интрузивов повышенной основности при магматическом замещении карбонатных пород и их роль в локализации прожилково-вкрапленных медных руд Алмалыка, Материалы ко II конференции по околорудному матасоматозу, Л., 1966.
- Голованов И. М., Гуресебеков А. Цеолиты Алмалыкского рудного района, «Узб. геол. ж.», 1969, № 4.
- Голованов И. М., Цой А. В. Использование вертикальной зональности минерализации для глубинного прогнозирования медно-порфирового оруденения, Тезисы Совещ. «Геология медно-порфировых месторождений», Алма-Ата, 1971.
- Голованов И. М., Мусия Р. А. Эндогенные формации меди, Сб. «Эндогенные рудные формации Узбекистана», Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1966.
- Голованов И. М., Алехина З. В. К минералогии и геохимии медно-молибденового месторождения Дальнее в Алмалыкском рудном районе, Сб. «Геология, минералогия рудных регионов Узбекистана», Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1969.
- Голованов И. М., Тулегенов Т., Рахубенков А. Т. Количественная оценка соотношения вторичных кварцитов и медно-порфировых руд Алмалыка, Сб. «Критерии рудоносности метасоматитов», Алма-Ата, 1969.
- Голованов И. М., Рахубенков А. Т. Прогноз медно-порфирового оруденения по ореолам благородных металлов в Алмалыкском районе (УзССР), Сб. «Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых», Л., 1971.
- Голованов И. М. Типы зональности алмалыкских медно-порфировых месторождений и прогноз золото-молибденово-медного оруденения, Сб. «Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений», М., 1972.
- Голованов И. М. О геохимической связи медной минерализации с гибридными породами повышенной основности и щелочности, Сб. «Магматизм, вопросы минералогии и геохимии Чаткало-Кураминского региона», Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1971.
- Голованов И. М., Рахубенков А. Т. Геохимия медно-порфировых руд месторождения Дальнее, «Изв. высших уч. зав., Геология и разведка», 1971, № 1.
- Голованов И. М., Губанова Н. К. Парагенезис вольфрамита с пиритом и ангидритом в медно-порфировом месторождении Кальмакыр (УзССР), Сб. «Проблемы геологии», Научн. тр. ТашГУ, вып. 405, Ташкент, 1971.
- Гурецкий В. М. Принципы оценки экономической эффективности разработки рудных месторождений, Ин-т научно-техн. инф. и проп. Госплана УзССР, Ташкент, 1968.
- Деды В. Ю. О подзоне выщелачивания зоны окисления медно-порфировых месторождений, «Узб. геол. ж.», 1965, № 1.
- Деды В. Ю. Геолого-структурные условия формирования зоны окисления месторождения Кальмакыр, Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1971.
- Деды В. Ю. Доклад об основных направлениях и проблемах развития и размещения производительных сил Узбекистана на 1975 и 1980 гг., Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1971.
- Жариков В. А. Геология и метасоматические явления скарново-полиметаллических месторождений Западного Карамазара, Тр. ИГЕМ, вып. 14, М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Жариков В. А., Омельяненко Б. И. Некоторые проблемы изучения измененных вмещающих пород в связи с металлогеническими исследованиями, В кн. «Изу-

- чение закономерностей размещения минерализации при исследовании рудных районов», М., Изд-во «Недра», 1965.
- Закиров Т. З. О зависимости распределения медного оруденения от состава вмещающих пород, Тр. СазПИ, вып. 6, новая серия, 1959.
- Закиров Т. З. К вопросу об условиях и закономерностях формирования прожилково-вкрапленных руд одного из месторождений Алмалыка, Тр. СазПИ, новая серия, 1960.
- Захваткин В. К. Прогрессивные направления в добыче и обогащении медно-молибденовой руды в США, «Горный журнал», 1972, № 9.
- Иванов В. В. Генеральные оценки средних содержаний элементов-примесей в главных рудных минералах, ДАН СССР, т. 186, 1969, № 1.
- Иванов В. В., Поплавко Е. М., Горохова В. Н. Геохимия рения. М., Изд-во «Наука», 1969.
- Иванов С. И., Прахова Е. В. Микротвердость как возможный признак отличия метакристаллов гирита от его зерен главного этапа оруденения в колчеданных месторождениях Урала, Сб. «Проблемы постмагматического рудообразования», Прага, 1963.
- Клиблей Г. Х. Закономерности метасоматических процессов на месторождении Кургашинокан, Автореф. канд. дисс., М., 1971.
- Комплексное развитие Алмалык-Ангренского рудного района, Госплан УзССР, Ташкент, 1968.
- Коржинский Д. С. Очерк метасоматических процессов, В кн. «Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях», М., Изд-во АН СССР, 1955.
- Коржинский Д. С. Режим кислотности при постмагматических процессах, Сб. «Проблемы генезиса руд», МГК, XXII сессия, М., Изд-во «Недра», 1964.
- Королев А. В. Генезис алмалыкских медных руд, Тезисы докладов на МГК, 1937.
- Королев А. В. Избранные труды, т. 1, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1965.
- Королев А. В., Тулегенов Т. Пористость горных пород как фактор рудоотложения, «Геология рудных месторождений», 1960, № 6.
- Королев А. В. Структура и металлогения Алмалыка, Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1970.
- Королев А. В., Бадалов С. Т. О первичной зональности оруденения в Алмалыкском рудном поле, «Геология рудных месторождений», 1959, № 5.
- Королева З. А. Парагенетические соотношения гипогенных минералов в месторождениях Карамазара, Ташкент, Изд-во Узб. ФАН СССР, 1941.
- Крейтер В. М. Материалы к характеристике Карамазарской рудной провинции, ТПЭ, М.-Л., 1935.
- Кухаренко А. А. Минералогия россыпей, М., Госгеолтехиздат, 1961.
- Кушнарев И. П. Глубины образования эндогенных рудных месторождений, М., Изд-во «Недра», 1969.
- Лебедева С. И. Определение микротвердости минералов, М., Изд-во АН СССР, 1965.
- Логвинов В. П. Экономические проблемы технического прогресса в добыче минерального сырья, М., Изд-во «Наука», 1971.
- Ломако П. Ф. Цветная металлургия от съезда к съезду, М., Изд-во «Металлургия», 1971.
- Ломако П. Ф. Наука и технический прогресс в цветной металлургии М., Изд-во «Металлургия», 1972.
- Мельников Н. В. Современное состояние горной науки в СССР, М., Изд-во «Наука», 1968.
- Методические указания по обоснованию и расчету кондиций для подсчета запасов твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев), ГКЗ СССР, М., 1965.
- Механизация, автоматизация открытых горных работ, Тр. Института горного дела им. А. Н. Скочинского, М., Изд-во «Недра», 1967.
- Мещанинов Е. З., Азин В. Н. Распространение золота в одном из медно-порфировых месторождений Алмалыкского района, «Изв. вузов», геология и разведка, 1972, № 8.
- Моисеева М. И. Минералогия рудных месторождений северо-восточной части Курамшского хребта и сопредельных районов, Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1969.
- Мусин Р. А. О гидротермально-измененных породах медно-молибденового месторождения Калмаккыр, «Узб. геол. ж.», 1959, № 2.
- Мусин Р. А. Формации рудных метасоматитов и металлогенические особенности Алмалыкского района, Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1970.
- Мусин Р. А., Клиблей Г. Х., Айзенштат В. И. К вопросу о первичной природе сениито-диоритового массива Алмалыкского района, «Узб. геол. ж.», 1972, № 4.

- Наковник Н. И. Вторичные кварциты СССР, М., Изд-во «Недра», 1964.
- Наследов Б. Н. Кармазар, Тр. ПИЭ, вып. XIV, 1938.
- Новиков В. И., Свешников В. И. О влиянии температуры образования пиритов на их твердость, Сб. «Тезисы докладов III Всесоюз. совещ. по минер., термобарометрии и геохимии глубинных минералообразующих растворов», М., 1968.
- Овчинников Л. Н. Контактво-метасоматические месторождения Среднего и Северного Урала, Тр. УФАН СССР, Свердловск, 1960.
- Основы научного прогноза медно-молибденовых месторождений в зонах субвулканических порфировых интрузивов, вып. VII, СЭВ, «Медно-молибденовые месторождения», М., 1971.
- Пляскин И. И., Сандригайло Н. Ф. Технология и механизация строительства крупных железнорудных карьеров, М., Изд-во «Недра», 1967.
- Протодьяконова З. М. Некоторые данные о пирите из юго-западных отрогов Кураминских гор, Зап. Узб. Отд. ВМО, вып. 13, 1959.
- Покровский А. В. Основные петрографические особенности пород Алмалыкского массива, «Узб. геол. ж.», 1958, № 5.
- Попов В. И. История депрессий и поднятий Западного Тянь-Шаня, Ташкент, 1938.
- Попков Е. П., Сенук В. М. [и др.] Результаты промышленных испытаний новых взрывчатых веществ и средств взрывания, «Горный журнал», 1972, № 1.
- Потапов М. Г. Карьерный транспорт, М., Изд-во «Недра», 1972.
- Прахова Е. В. О микротвердости пирита из колчеданных месторождений Урала, Минералогия сборн. Ин-та геол. и геохимии УФАН СССР, № 8, 1968.
- Рабинович А. В. Геохимические исследования магматических и осадочных пород. Методические указания по геологической съемке м-ба 1:50000, вып. 9, Л., Изд-во «Недра», 1970.
- Рабинович А. В., Бадалов С. Т. К геохимии железа некоторых изверженных пород Кармазара и Западного Узбекистана, «Геохимия», 1969, № 5.
- Рабинович А. В., Бадалов С. Т. К геохимии меди некоторых интрузивных пород Кармазара и Западного Узбекистана, «Геохимия», 1971, № 2.
- Рахубенков А. Т. Геологическое строение, условия локализации медного оруднения и геохимические особенности руд месторождения Дальнее, Автореф. канд. дисс., М., 1972.
- Рехарский В. И. Особенности распределения молибдена, урана, меди и других элементов в породах на примере юго-западных отрогов Северного Тянь-Шаня, «Изв. АН СССР», серия геол., 1965, № 1.
- Ржевский В. В. [и др.] Повышение эффективности разработки фосфоритовых месторождений на основе комплексной оценки качества руд, «Горный журнал», 1970, № 12.
- Решение межотраслевого научно-технического совещания по рациональному использованию запасов полезных ископаемых при их добыче, М., Изд-во АН СССР, 1969.
- Роговер Г. Б. Состояние вопроса об оценке и практическом значении перспективных запасов рудных месторождений, ВИЭМС, М., 1967.
- Рудные формации и основные черты металлогении золота в Узбекистане, Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1969.
- Рузматов С. Р. Формы нахождения серебра и золота в рудах медно-молибденового месторождения Кальмакыр, «Узб. геол. ж.», 1961, № 4.
- Сахарова М. С. Типоморфные особенности состава пирита золото-сульфидных месторождений, Тр. Минералог. музея АН СССР, вып. 18, 1968.
- Синяков В. И. Микротвердость магнетита из месторождений различного генезиса, ДАН СССР, т. 169, 1966, № 4.
- Серых В. И. Распределение меди в генетически связанных сериях гранитоидов, «Геохимия», 1963, № 11.
- Синдеева Н. Д. Минералогия, типы месторождений и основные черты геохимии селена и теллура, М., Изд-во АН СССР, 1959.
- Смирнов В. И. Генезис эндогенных рудных месторождений, М., Изд-во «Недра», 1968.
- Смирнов В. И. Извлечение кобальта из медных и никелевых руд и концентратов, М., Изд-во «Металлургия», 1970.
- Сотников В. И. [и др.] Фтор и хлор в эндогенном процессе, «Геохимия», 1971, № 2.
- Туляганов Х. Т., Гарьковец В. Г. О комплексном использовании полезных ископаемых Ангрена, «Узб. геол. ж.», 1959, № 5.
- Туляганов Х. Т. Узбекистан — новый крупный золотоносный район Советского Союза, «Советская геология», 1967, № 11.
- Туляганов Х. Т. Минерально-сырьевая база Узбекской ССР к 50-летию Октября, «Разведка и охрана недр», 1967, № 12.



- Гулегенов Т. Роль структурных факторов и физико-механических свойств пород в размещении оруденения в Саукбулакском рудном поле, Автореф. канд. дисс., Ташкент, 1964.
- Тюрин Н. Г. Получение искусственного пирита с тонкодисперсным золотом из растворов, Сб. «Исследование природного и технического минералообразования», М., Изд-во «Наука», 1966.
- Уклонский А. С. Минералогия и геохимия меди, В кн. «Тр. Средне-азиатского индустр. ин-та», Ташкент, 1948.
- Уклонский А. С. Одна из основных задач геохимии — изучение концентрации вещества, Сб. «Проблемы геологии и полезные ископаемые», Тр. ТашГУ, вып. 273, 1966.
- Уклонский А. С. Моисеева М. И. [и др.]. К минералогии Кураминского хребта, Сб. «Минералогия и геохимия сульфидных месторождений Узбекистана», Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1966.
- Федорова И. Б. Пути и методы составления прогнозной карты в Алмалыкском районе, «Вопросы методики составления металлогенических и прогнозных карт Средней Азии», Ташкент, Изд-во «Наука» УзССР, 1964.
- Ферсман А. Е. Геохимия, Избр. тр., т. V, М., Изд-во АН СССР, 1959.
- Ферсман А. Е. Особенности рудного Карамазара, Тр. Тадж. базы, т. IV, геология-геохимия, М.-Л., Изд-во АН СССР, 1935.
- Хамрабаев И. Х. Петролого-геохимические критерии рудоносности магматических комплексов, Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1969.
- Хамрабаев И. Х., Урунбаев К. Геохимические особенности гранитоидных интрузивов Западного Узбекистана, центральной части Чаткало-Кураминских гор и распределение в них некоторых аксессуаров и малых элементов, Сб. «Аксессуары минералы изверженных пород», М., Изд-во «Наука», 1968.
- Шабьинин Л. И. О магнезиально-скарновой рудной формации. Сб. «Вопросы генезиса и закономерности размещения эндогенных месторождений», М., Изд-во «Наука», 1966.
- Шаякубов Т. Ш. [и др.]. Прогнозирование медно-порфирового оруденения в Алмалыкском районе на основе комплексных геолого-геохимических методов поисков, «Тезисы Совещания по геологии медно-порфировых месторождений», Алма-Ата, 1971.
- Шербатов Д. И. Особенности металлогении Средней Азии, ТПЭ, М.-Л., 1935.
- Экономика извлечения рудных металлов из продуктов переработки полиметаллических руд, Цветметинформация, 1964.
- Babcan I., Slavsky I. Geochemie des selens auf der stratiformen Kieslagerstätte der  $FeS_2$ —CuErze in Smolnik, Sb. geol. vied, zk 6, 1966.
- Cambel B., Iarkovskiy I. On the character of Cu and Zn distribution in pyrites, "Geol. Sb.", № 2, 1966.
- Davidson C. F. Some genetic relationships between ore deposits and evaporites, Trans. Inst. Min. Metall. (Sect. B. Appl. earth sci.), 75, Aug. 1966, B 126—25, disc. Nov. 1966.
- Loftus-Hills G., Solomon M. Cobalt, nickel and selenium in sulphides as indicators of ore genesis, "Mineral Deposits", 2, № 3, 1967.
- Parry W. T., Nackowski M. R. Copper, lead and zinc in biotites from Basin and Range quartz monzonites, "Economic Geology", vol. 58, № 7, 1963.
- Tischendorf G. Zur Verteilung des selens in Sulfiden, "Freiberger Forschungsh.", C, № 208, 1966.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

### Часть первая. Геология

<b>Глава I. Геологическое строение Алмалыкского рудного района</b> (В. Ф. Викторов, Н. Б. Вольфсон, В. Г. Гарьковец, И. И. Дабижа, А. В. Рабинович, А. Г. Хваловский, Р. А. Мусин)		
Физико-географический очерк . . . . .		4
История геологического изучения . . . . .		4
Стратиграфия . . . . .		10
Магматизм . . . . .		18
Тектоника . . . . .		25
<b>Глава II. Медно-порфиновые рудные поля района</b>		32
<b>А. Алмалыкское рудное поле</b>		
Геологическое строение Кальмакыра и петрографические особенности вмещающих интрузивных пород (С. Т. Бадалов, Е. Р. Бутьева, В. Ф. Викторов, И. М. Голованов, В. Ю. Деды, Е. З. Мешанинов, Р. А. Мусин, А. В. Рабинович, А. Т. Рахубенков, А. Туресебеков, С. Г. Чунихин)		32
Геологическое строение месторождения Дальнее (В. Г. Гарьковец, А. Т. Рахубенков, Т. Ш. Шаякубов, И. М. Голованов, С. Т. Бадалов)		47
Геолого-петрографический очерк . . . . .		47
Структура месторождения . . . . .		47
Морфология рудного штокверка . . . . .		51
Околорудные изменения вмещающих пород (Е. З. Мешанинов, Р. А. Мусин, С. Т. Бадалов, И. М. Голованов)		59
Некоторые особенности медно-порфиновых месторождений левобережья р. Алмалык (А. Т. Рахубенков, И. М. Голованов)		70
Б. Саукбулакское рудное поле (В. Ф. Викторов, С. Т. Бадалов, И. М. Голованов, Е. Р. Бутьева)		72
Геологическое строение . . . . .		72
Процессы изменений пород . . . . .		75
Тектоника . . . . .		76
В. Минералогия и геохимия рудных зон медно-порфиновых месторождений района (С. Т. Бадалов, И. М. Голованов, А. Туресебеков, А. Т. Рахубенков, В. Ф. Викторов, А. В. Рабинович)		82
Минералогические особенности месторождений . . . . .		82
Геохимические особенности месторождений . . . . .		105
<b>Глава III. Перспективы района на медно-порфиговое оруденение (Х. Т. Туляганов, В. Г. Гарьковец, Т. Ш. Шаякубов, С. Т. Бадалов, И. М. Голованов, В. Ф. Викторов, Р. А. Мусин, С. Г. Чунихин, С. А. Денисов, А. Т. Рахубенков, Е. З. Мешанинов)</b>		127
Характер и масштабы оруденения . . . . .		127
Анализ разведанности месторождения Кальмакыр . . . . .		128
Прогнозная оценка района на медно-порфиговое оруденение . . . . .		133

### Часть вторая. Перспективы комплексного освоения месторождений

<b>Глава I. Научное обоснование эффективности освоения крупных рудных месторождений</b>		
Влияние факторов времени на эффективность разработки месторождений (И. И. Пляскин, С. Г. Чунихин) . . . . .		143
. . . . .		144

	Основные принципы динамического метода обоснования долгосрочных параметров и решений при разработке месторождений (И. И. Пляскин)	148
	Динамическое обоснование промышленных кондиций при поэтапной разработке крупных месторождений открытым способом (И. И. Пляскин, С. Г. Чунихин)	150
Глава II	Современное состояние и перспективы совершенствования технологии добычи и переработки руд на Алмалыкском горно-металлургическом комбинате (И. И. Пляскин, М. Р. Рамазанов, С. Г. Чунихин)	156
	Горные работы	156
	Обогащение	158
Глава III	Примерные этапы комплексного освоения медно-порфировых месторождений Алмалыкского рудного района и эффективность расширения медного производства АГМК (И. И. Пляскин, С. Г. Чунихин, М. Р. Рамазанов, А. С. Левицкий, В. Ю. Деды)	162
	Предпосылки расширения медного производства	162
	Резервы повышения эффективности использования сырьевой базы медного производства	163
	Примерные этапы комплексного освоения месторождений и эффективность расширения медного производства	172
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	177
	ЛИТЕРАТУРА	179

Коллектив

**МЕДНО-ПОРФИРОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЛЫКА**

*Утверждено к печати Ученым Советом САИГИМСа УзССР*

Редактор *Е. Н. Бассерман*  
Технический редактор *В. М. Тарахович*  
Корректор *Н. В. Хазова*

Р 05358. Сдано в набор 12/IV 1974 г. Подписано к печати 26/VII 1974 г. Формат 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага тип. № 1. Бум. л. 5,88. Печ. л. 16,45. Уч.-изд. л. 15,9. Изд. № Н-1231, Тираж 800.  
Цена 1 р 94 к. Заказ 4-177.

Набрано и отматрицировано на Книжной фабрике им. М. В. Фрунзе Республиканского производственного объединения «Полиграфкнига», Госкомиздата УССР, Харьков, Донец-Захаржевская, 6/8.

Отпечатано в типографии Издательства «Фан» УзССР, Ташкент, проспект М. Горького, 21.  
Адрес Издательства: ул. Гоголя, 70.

В 1974 г. в Издательстве «Фан» Узбекской ССР

**ВЫИДУТ В СВЕТ:**

Ходжибаев Н. Н., Абуталиев Ф. Б., Умаров У. Анализ динамики подземных вод аналитическими и численными методами.

В работе даются аналитические решения важных для практики задач теории фильтрации. Исследуется методика решения задач неустановившегося движения жидкости различной плотности. Проводится анализ теории перетекания в слоях и даются оценки применимости различных теорий перетекания. Предлагаются экономические численные методы интегрирования сложных гидрогеологических задач и способы их реализации на ЭВМ.

Книга рассчитана на специалистов гидрогеологов и инженеров-геологов.

Эгамбердыев М., Акрамходжаев А. М. и др. Геолого-геохимические предпосылки нефтегазоносности мезозоя и палеогена юго-восточной и центральной частей Средней Азии.

В книге обобщены результаты многолетних литолого-геохимических, фациально-палеогеографических и битуминологических изучений нефтегазоносных отложений Таджикской депрессии и Бухаро-Хивинской области. Обоснованы предпосылки нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции в мезо-кайнозойских отложениях. Даны практические рекомендации по направлению научно-исследовательских и поисково-разведочных работ на нефть и газ. Монография рассчитана на широкий круг геологов и научных работников.

1347