

Госплан Совета Министров Армянской ССР

Армянский научно-исследовательский институт научно-  
технической информации и технико-экономических  
исследований

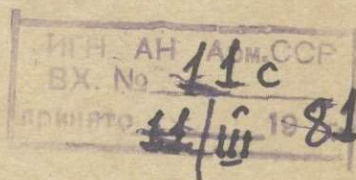
Совершенно секретно

Экз. № 5

Уч. № 196

Чаккалян Ф.А.

МОЛИБДЕН



Ереван - 1969

Совм. Арм. ССР  
прил. к вх. № 1334сс-69

438

Госплан Совета Министров Армянской ССР

Армянский научно-исследовательский институт научно-  
технической информации и технико-экономических  
исследований

Совершенно секретно

Экз. № 5

Уч. № 196

Чакхалян Ф.А.

МОЛИБДЕН

(сырьевая база и технико-экономические  
показатели производства)

6745

Ереван - 1969



УДК 546.77:658.511

Под редакцией доктора геолого-  
минералогических наук ХРУЩОВА Н.А.

В обзоре пронумеровано

Часть I - 36 стр. + 4 графика

Часть II - 50 стр. + 6 графиков (не секретно)

## В В Е Д Е Н И Е

Молибден относится к числу металлов, промышленное применение которых возникло и получило бурное развитие в течение последних 50 лет. Близкий по своим свойствам к вольфраму, молибден отличается более выгодными экономическими показателями применения и во многих странах мира почти полностью вытеснил вольфрам в области специальных сталей и сплавов.

Но не только это определило большой рост производства и потребления молибдена. Удивительные свойства этого металла приносят ему все новые области применения. Молибден стал универсальным металлом, применяемым почти во всех современных отраслях промышленности как в военных, так и в мирных целях. Ракетная, ядерная, электронная промышленность, сверхзвуковая авиация и современные подводные лодки, танковая промышленность, авиамоторостроение и автомобильная промышленность с момента своего зарождения явились крупными потребителями молибдена.

В настоящее время молибден используется везде, где есть потребность в прочных, жаропрочных, антикоррозийных и др. специальных сталях и сплавах. Показательно, что основными потребителями молибдена за рубежом являются технически высокоразвитые страны с всесторонне развитой промышленностью: США, Япония, Англия, ФРГ и Франция.

В настоящей работе рассмотрены некоторые вопросы современного состояния и дальнейшего развития сырьевой базы молибдена, технико-экономических показателей добычи и переработки руд в СССР и за рубежом. Работа составлена в двух частях. В первой части рассмотрено производство предприятий Армении и некоторые другие предприятия СССР. Во второй части рассмотрено зарубежное производство.

Кроме указанных литературных источников, при составлении работы использовались материалы научного руководителя-автора доктора геолого-минералогических наук Хрущова Н.А.

Молибден-металл серебристо-серого цвета с температурой плавления  $2630^{\circ}\text{C}$  и плотностью  $10.3\text{г/см}^3$ . Твердость металлического молибдена зависит от способа обработки и колеблется от 150 до  $250\text{ кг/мм}^2$ . Название молибдена происходит от "молибдос", так в Древней Греции называли мягкий минерал, внешним видом

похожий на свинец.

Кларк молибдена в земной коре по Виноградову А.П. —  $1.5 \cdot 10^{-4}\%$  или 1.5 г/т, по другим авторам он несколько ниже. По Курода и Санделлу для ультраосновных пород он составляет 0.4 г/т, для основных и средних пород — 0.7 г/т и для кислых изверженных пород — 1 г/т.

Из немногочисленных минералов молибдена основное промышленное значение имеет молибденит, сульфид молибдена  $\text{MoS}_2$ , минерал, встречающийся как в высокотемпературных пегматитовых и пневматолитовых образованиях, так и в гидротермальных месторождениях, образовавшихся в условиях средних и сравнительно низких температур. Максимальные концентрации молибдена образовались в результате гидротермальной деятельности, меньшие в высокотемпературных пегматитах и пневматолитах, а также в осадочных породах: кремнеуглистых сланцах и углях.

В высокотемпературных условиях молибденит ассоциирует с минералами вольфрама, олова, висмута и бериллия. С минералами меди молибденит встречается в среднетемпературных гидротермальных месторождениях. В комплексных месторождениях молибдена такая ассоциация встречается наиболее часто. При более низких температурах обычно молибден встречается с минералами урана, режесвинца и цинка.

В зоне окисления молибденит подвергается изменению и переходит в окисленные минералы молибдена, в которых молибден содержится в виде шестивалентного иона. На развитие окисленных минералов молибдена существенно влияют следующие факторы: концентрация кислых растворов, структурная переработанность рудного тела, трещиноватость руд и возможность циркуляции растворов внутри рудного тела, форма и интенсивность проявления молибденового и сопутствующего ему сульфидного оруденения. Миграция шестивалентного молибдена происходит на малые расстояния и поэтому значительные размеры зоны окисления возможны лишь при благоприятствующих ее развитию комбинациях этих факторов. Влияние их отчетливо можно наблюдать на штокверковых месторождениях молибдена с жильным и прожилково-вкрапленным оруденением (Каджаран, Сора), внутри рудного тела наибольшие концентрации окисленного молибдена здесь отмечаются вдоль кварц-сульфидных жил /8/, вблизи контактов даек и в других участках повышенной тре-

щиватости руд.

В ассоциациях с другими сульфидами при окислении молибденита образуется молибден ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{MoO}_3 \cdot 7,5\text{H}_2\text{O}$ ), соединения молибдена с гидроокислами железа и молибден содержащий ярозит [8]. Такие формы нахождения окисленного молибдена наиболее распространены. В процессе флотационного обогащения молибденовых руд в молибденитовый концентрат они практически не извлекаются. Самостоятельная добыча и переработка их гидрометаллургическими методами в нашей стране по экономическим соображениям не производится, но на месторождении Клаймакс в США окисленные формы молибдена до конца 1968 года извлекались с достаточной экономической выгодой.

Распространенным минералом зоны окисления молибденовых месторождений является повеллит —  $\text{CaMoO}_4$ , образующийся в условиях циркуляции бикарбонатных растворов. На Тырнаузском месторождении большая часть повеллита в процессе обогащения извлекается [9].

Другие минералы зоны окисления эндогенных месторождений молибдена: вульфенит, уран-молибденовые вторичные минералы достаточно крупных концентраций не образуют.

Генетическая и промышленная классификация месторождений молибдена были детально разработаны Хрущовым Н.А. [8], а позже Покаловым В.Т. [6]. Н.А.Хрущов выделяет 10 рудных формаций, из которых главное промышленное значение имеют кварц-молибденит-серицитовая и кварц-молибденит-халькопирит-серицитовая рудные формации. Главным критерием выделения промышленных типов в классификации Хрущова Н.А. является форма рудного тела. По этой классификации из выделенных пяти промышленных типов главное значение имеет тип месторождений штокверковых массивов.

По классификации Покалова В.Т. выделяются три рудные формации эндогенных месторождений молибдена: медно-молибденовая, молибденовая и молибден-вольфрам-редкометалльная. Промышленные типы месторождений в этой классификации выделены на основе геолого-структурных особенностей образования месторождений. Главное промышленное значение имеют месторождения молибденовой рудной формации, меньшие месторождения медномолибденовой формации /меднопорфировый тип/. Такой порядок характерен для запасов молибдена в США, Канаде и СССР, но в нашей стране меднопорфировый

Таблица I. Классификация промышленных типов месторождений молибдена по Хрущову Н.А. [8].

Промышленные типы	Промышленные группы	Рудные формации	Типичные примеры месторождений
1. Месторождения жильной формы	а/Молибденовая	Кварц-молибденит-серицитовая, реже кварц-молибденовая	Умальта, Давенда, Шахтама, Харбей, Чикой
	б/Вольфрамовая с молибденом	Кварц-вольфрамит-грейзеновая	Кураоба, Чиндэгатуй.
2. Месторождения штокверковых массивов	а/Молибденовая	Кварц-молибденит-серицитовая	Бугдая, Клаймакс /США/
	б/Молибден-вольфрамовая	То же и кварц-вольфрамит-шеелит/-грейзеновая	Месторождения Центрального Казахстана
	в/Медно-молибденовая	Кварц-молибденит-халькопирит-серицитовая	Каджаран, Агарак
	г/Медная с молибденом	То же	Мест. юго-зап. США, Коунрад, Алмалык
3. Месторождения скариновых залежей	а/Молибденовая	Молибденит-шеелитовая в скарилах	Янцзянчанцзы /КНР/, Азегур /Марокко/
	б/Молибден-вольфрамовая	То же	Тырнауз, Лянгар
	в/Молибден-медная	То же	Киялых-Узень
4. Месторождения гнездовой и трубчатой формы	а/Молибденовая	Кварц-молибденитовая, кварц-вольфрамит-грейзеновая, реже кварц-молибденит-халькопирит-серицитовая	Кингсгат и др. в Австралии, Чайлдс Олдинкл в США
	б/Молибден-вольфрамовая		
5. Месторождения пластовой формы	в/Молибден-медная	Углисто-кремнистая и угольная с молибденом	Каратау, Ангрэн.

Таблица 2. Промышленные типы эндогенных месторождений молибдена по Покалову В.Т. /5/.

Типы месторождений молибдена	Форма рудных тел	Примеры
1. Халькопирит-молибденитовый в связи с измененными породами типа вторичных кварцитов /меднопорфировый тип/	Штокверки, меньше жилы	Каджаран, Агарак, Коунрад, Кальмакыр, месторождения Юго-Запада США.
2. Халькопирит-молибденитовый в связи со скарнами	Залежи пластообразной и более сложных форм	
1. Молибденитовый в микроклинизированных породах	Штокверки, меньше жилы	Сора, Жирекен, Умальта, Шахтама, Ипчуль, Клаймакс и др.
2. Молибденитовый в серицитизированных породах	Штокверки, жилы	
3. Молибденитовый в скарнах	Залежи пластообразной или более сложных форм	
1. Молибденит-вольфрамитовый с грейзенами в эндоконтакте материнских гранитов	Жилы, меньше штокверки	В. Коунрад, Караоба, Джида и др.
2. Молибденит-вольфрамитовый в мусковитизированных породах экзоконтакта материнских гранитов	Штокверки, редко жилы	
3. Молибденит-шеелитовый в мусковитизированных породах экзоконтакта материнских гранитов.	Штокверки	
4. Молибденит-шеелитовый в скарнах экзоконтакта материнских гранитов	Залежи пластообразной и более сложных форм	

тип занимает ведущее положение в добыче молибдена.

К меднопорфировым месторождениям в алюмосиликатных породах относятся Каджаранское, Агаранское, Коунрадское, Кальмакырское, месторождения Юго-Запада США и Чили. Для них характерно образование в заключительные этапы развития геосинклиналей,

сопровождающихся интенсивной складчатостью и неоднократным внедрением крупных масс гранитоидной магмы. Оруденение генетически связано с последними фазами магматизма и пространственно тяготеет к крупным разломам. Максимальные концентрации полезных ископаемых отмечаются в случаях, когда перпендикулярно или под углом к основному разлому развиваются ослабленные зоны со структурами второго порядка /Каджаран/. В этих случаях обычно кроме прожилково-вкрапленного оруденения отмечается и жильное.

Месторождения молибденовой формации находятся в областях с приподнятым кристаллическим фундаментом, сложенным гранитоидами и пространственно и во времени ассоциируют с малыми интрузивными телами порфировых пород. Они также расположены вблизи крупных разломов, в зонах смятия и повышенной трещиноватости. В некоторых месторождениях этой формации наряду с молибденом имеются промышленные концентрации меди, свинца, цинка, золота, вольфрама. К месторождениям этой формации относятся Сора, Жирекен, Клаймакс и др. [5].

## ЧАСТЬ I

### МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПРЕДПРИЯТИЯ СССР

#### I. Промышленные типы месторождений молибдена в СССР и их роль в производстве металла в концентрате

Систематическая добыча молибдена в СССР началась в 1931 г. и с этого времени на территории страны велись геолого-поисковые работы на молибден. К началу Отечественной войны на территории Советского Союза были известны сотни месторождений и рудопроявлений. В основном это были мелкие жильные месторождения с относительно высокими содержаниями молибдена (0,5-1%) и запасами порядка первых тысяч тонн, гораздо реже 10-15 тыс. тонн. В настоящее время в стране разрабатывается 6 жильных месторождений молибдена. Ограниченные запасы металла в недрах месторождений и малые размеры рудных тел исключают возможность применения на них высокопроизводительных систем добычи и определяют малую производительность горных предприятий. Малая мощность рудных жил, способствующая высокому разубоживанию, сводит к минимуму относительное преимущество жильных месторождений - высокое содержание молибдена. В среднем для жильных месторождений содержание молибдена в товарной руде в 1,3-3 раза меньше, чем в коренном залегании.

Большинство предприятий на этих месторождениях нерентабельны, а некоторые приносят весьма значительный убыток. Удельный вес жильных молибденовых месторождений в общей добыче молибдена в СССР постоянно снижается и в течение ближайших 10 -

Таблица 3. Некоторые показатели жильных молибденовых месторождений

по состоянию на I.I.68г.

Месторождение	Запасы руды, тыс.т.	Содержание молибдена, %	Запасы молибдена, т	Годовая мощность фабрики по переработке, тыс.т.	Содержание в добытой руде	Себестоимость I т. концентрата, руб.
Шахтама	825	0,57	4699	125,0	0,17	7393
Давенда	708	0,40	2856	121,0	0,14	7005
Парагачай	32	0,63	381	28,0	0,18	13462

15 лет добыча руды на них практически будет прекращена.

За рубежом жильные месторождения также не играют существенной роли в производстве молибденовой продукции. Единственное крупное жильное месторождение - Квеста в настоящее время полностью отработано.

Выработка молибденовых концентратов на месторождении Клабен незначительна. В 1964 г. специально для этого созданная компания Нэй Металс Инк, начала отработку месторождения Блэк Ноук в Колорадо (США), где содержание молибдена в руде 0,74% [14]. Но и это уникальное по содержанию молибдена месторождение не имеет сколько-нибудь заметного влияния на производство молибденового концентрата в стране.

Ведущее значение в сырьевой базе молибденовой промышленности имеют штокверковые месторождения. Хотя для месторождений этого типа характерны относительно невысокие содержания молибдена, однако крупные размеры рудного тела и большие запасы дают возможность применять современные высокопроизводительные системы отработки и создают условия для строительства крупных предприятий и получения молибдена в концентрате по наиболее низкой себестоимости. Реле штокверковых месторождений по запасам и добыче постоянно росла в последние годы, безусловно, этим месторождениям принадлежит будущее. Уже в 1967 г. в недрах штокверковых месторождений было заключено 88% всех запасов мо-

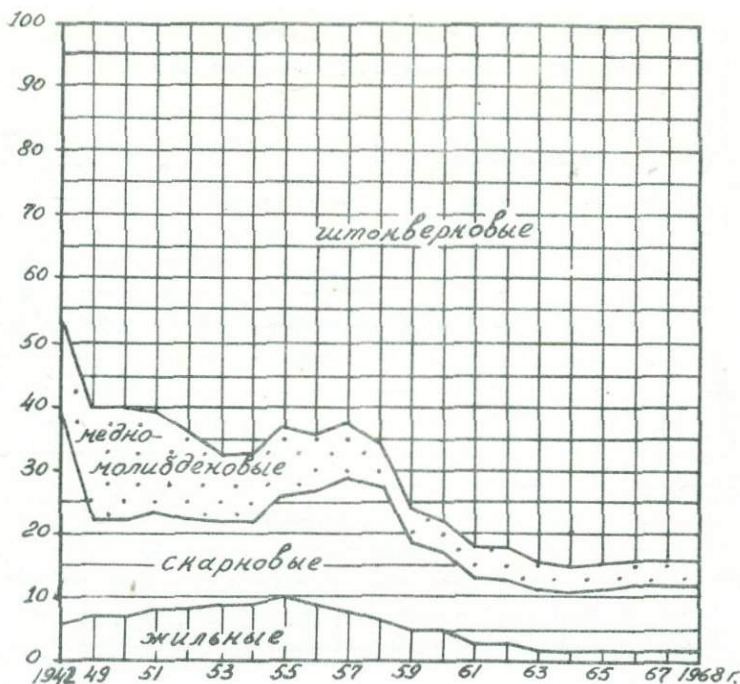


Рис. I. Удельный вес различных промышленных типов месторождений в общих запасах молибдена СССР /по Хрущову Н.А./

либдена в СССР, а с предприятий, построенных на них, было добыто 74,5% всей продукции молибдена в концентрате.

За рубежом штокверковые месторождения с 1920 г. играли главную роль по запасам и по добыче руды. Крупнейшие из зарубежных месторождений Клаймаке, Гендерсон и Квеста (США); Тиндуйчен (КНР) и Эндако (Канада) относятся к этому типу.

Крупнейшие зарубежные штокверковые месторождения относятся к молибденовой промышленной группе по Хрущову Н.А. и к молибденитовому в серицитизированных породах или молибденитовому в микроклинизированных породах типам месторождений по Покалову В.Г. Удельный вес их в добыче молибдена составляет в США - 78%; в Канаде - 85%. Для этих месторождений характерны относительно наиболее высокие содержания молибдена.

В нашей стране штокверковые месторождения этих типов имеют значительно меньший удельный вес в добыче. Крупнейшие из них:

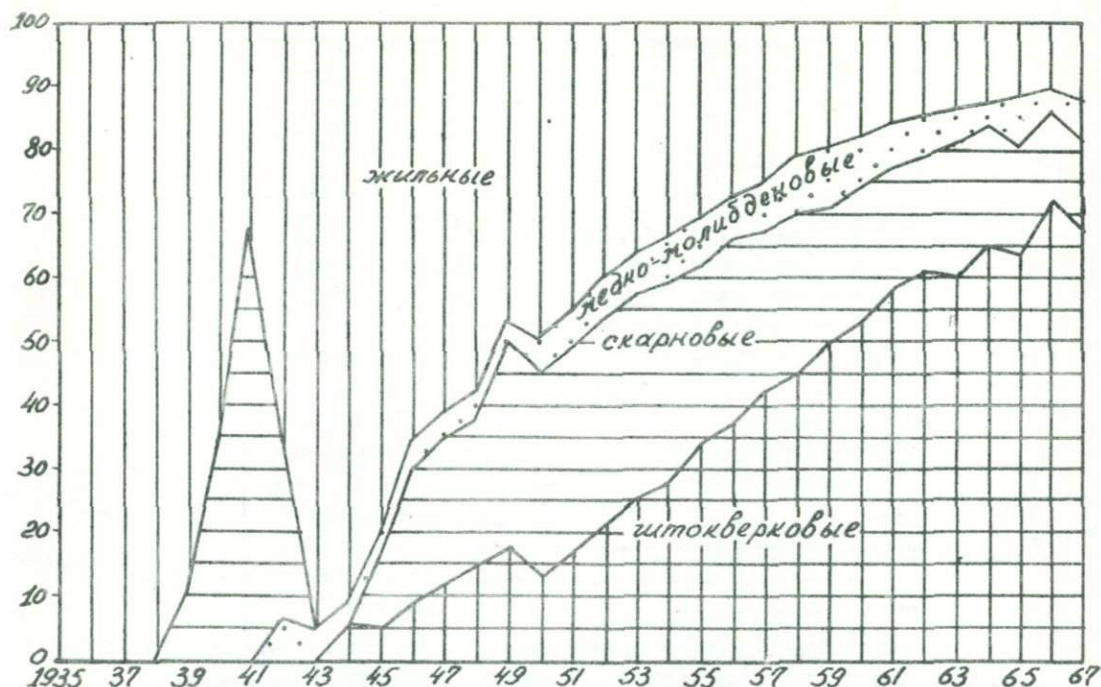


Рис.2. Удельный вес различных промышленных типов месторождений в добыче молибдена в СССР (по Хрущову Н.А.)

Коктенкольское, Бутдаинское, Орекитканское не разрабатываются. Кроме того, месторождения СССР обладают значительно меньшими содержаниями молибдена в руде, не превышающими 0,10%.

Скарновые месторождения обладают небольшим удельным весом по запасам молибдена в СССР. Значительно выше их роль в добыче, благодаря разработке Тырнаузского вольфрамово-молибденового месторождения. За рубежом важнейшее значение имеют скарновые месторождения в Китае, где основная часть (около 80%) производства молибдена в концентрате базировалась до 1965г. на них /15/. В Западном полушарии они не имеют практического значения. В Восточном полушарии, кроме Китая и СССР, скарновые месторождения есть в Алжире и Корее.

#### 1.1. Горнообогатительные предприятия СССР

В 30-40 годах добыча молибденовой руды и производство концентратов в Советском Союзе велись в очень ограниченном масштабе с месторождений, преимущественно расположенных в Забайкалье

Таблица 4. Запасы руды, металла и содержание молибдена по крупнейшим месторождениям молибдена /9, 12/.

Месторождения	Запасы руды, млн.т	Запасы металла, тыс.т	Содержание молибдена, %
1. Клаймаке (шт.Колорадо;США)	420	820	0,21
2. Гендерсон (Колорадо;США)	3	880	0,29
3. Тиндуйчен (Китай)	-	750	0,15
4. Каджаран (СССР, Арм.ССР)	1033	590	0,058 (0,094% условного Мо)
5. Коктенклон (Каз.ССР;СССР)	357	470	0,095
6. Бугдая (Забайк.; СССР)	611	415	0,072
7.Квеста (Нью-Мексико; США)	236	350	0,13-0,15

Таблица 4. Запасы руды, металла и содержание молибдена по крупнейшим месторождениям молибдена / 9, 12/.

и на Дальнем Востоке. Увеличение производства концентратов более чем в два раза имело место в годы войны за счет отработки руд с более высокими содержаниями. Роста добычи руд в это же время не наблюдалось. Начавшаяся перед войной разработка крупного Тырнаузского месторождения во время войны была прекращена, и основным источником молибденового сырья оставались мелкие жильные месторождения.

В первые же послевоенные годы наблюдался значительный рост добычи руды, который превышал рост производства металла. В эти годы шло освоение крупных молибденовых месторождений: Тырнаузского на Северном Кавказе и Каджаранского в Армении. В 1966г. по сравнению с 1946 годом добыча руды в СССР возрасла на 434,5%, за эти же годы производство молибдена в концен-

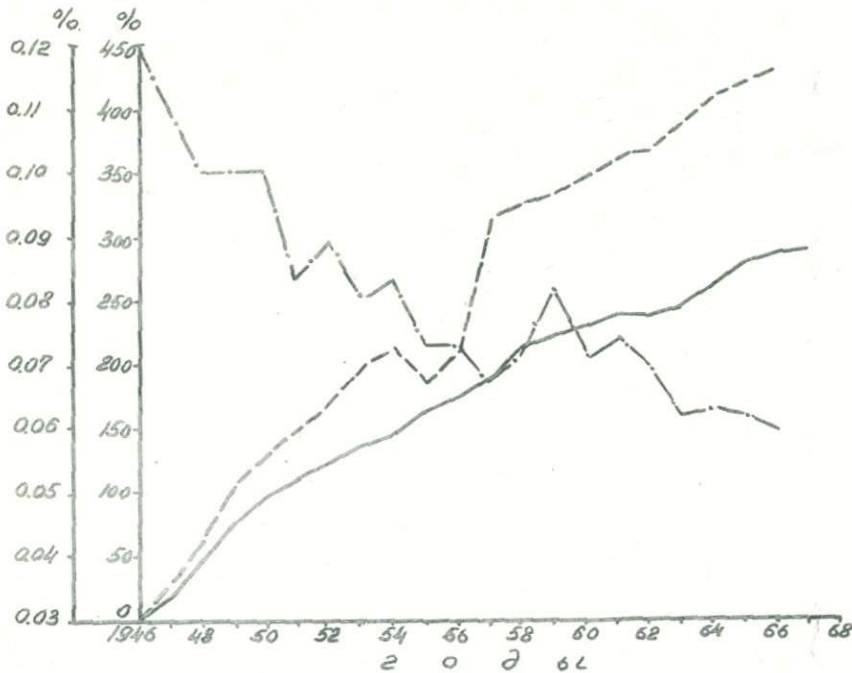


Рис. 3. График роста добычи руды, производства металла в концентрате и снижения среднего содержания в товарной руде с 1946 по 1966 гг. в СССР (составлено по материалам I/

трате увеличилось на 287,7%. Среднегодовой темп роста добычи руды за это время составил 17,2%, а производства металла в концентрате и промпродукте — 13,9%.

Высокие темпы развития производства стали возможными благодаря развитию сырьевой базы и особенно увеличению запасов молибдена за счет штокверковых месторождений, расположенных в благоприятных экономико-географических условиях.

Вместе с развитием добычи руды в нашей стране происходило снижение среднего содержания молибдена в товарной руде. В 1966 году среднее содержание в добытой руде снизилось по сравнению с 1946 годом вдвое и составило 0,060%. В настоящее время это самое низкое содержание в мире, за исключением Чили и Перу, где молибден извлекается только попутно в процессе переработки медных руд.

Сильно изменилась география добычи руды и производства концентратов. Основными районами, производящими молибден в концентрате, стали Армения, Хакассия и Северный Кавказ. В 1967 году роль различных районов страны в производстве молибдена характеризовалась следующими цифрами: Армения - 35,6%; Хакассия - 28,7; Казахстан - 10,7; Забайкалье - 10,0; Северный Кавказ - 9,1 (по материалам Хруцова Н.А.).

Армянская ССР с месторождениями Каджаран, Агарах, Дастакерт и рядом рудопроявлений, геологическое изучение которых еще не завершено, занимает ведущее место в производстве молибденовых концентратов в СССР и одно из ведущих по запасам молибдена в недрах. Месторождения располагаются здесь в пределах медно-молибденового пояса Армении и приурочены к массивам третичных гранитоидов.

Среднегодовой рост производства молибдена в концентрате по предприятиям Арм.ССР с 1954 по 1967 годы составил 21,2%, а за последние 3 года - 4,2% (за это же время среднегодовые темпы роста по всей стране составили соответственно 9,6 и 2,2%). Удельный вес предприятий Армении в производстве молибдена в концентрате в последние годы несколько снизился за счет роста производства на других предприятиях СССР, в частности, на Сорском комбинате.

Крупнейшие месторождения - Каджаранское и Агарахское расположены внутри Ордубадо-Меграинского плутона. В контроле оруденения важную роль играют разломы северо-западного простирания.

Систематические геологические исследования районов медно-молибденовых месторождений в Армении начались в 1931г. и продолжались в течение последующих лет. В результате были изучены и оценены некоторые рудопроявления и были подсчитаны запасы по Каджаранскому, Агарахскому и Дастакертскому месторождениям.

Каджаранское медно-молибденовое месторождение является крупнейшим по промышленным запасам молибдена в Советском Союзе и четвертым в мире. Район месторождения исторически является базой добычи медной руды и выплавки меди. Первое предприятие на территории месторождения существовало в 1850 году. В начале XX века здесь было отмечено наличие молибденита.

Оруденение располагается в кварцевых монцонитах и прилегает с северо-востока к региональному Дебаклинскому разлому, который является структурной границей распространения промышленного оруденения на юго-западе. По другим направлениям структурно и геологически оруденение не ограничивается и внешний контур рудного тела определяется по данным опробования. Оруденение прожилково-вкрапленное и жильное. Наличие на фоне общего, довольно убогого, прожилково-вкрапленного оруденения крупных жил с содержанием молибдена 0,2 - 0,5% и обогащенных участков с содержанием 0,07-0,15% определило высокую ценность руд Центрального участка [3]. По другим участкам содержание молибдена значительно ниже, оруденение более равномерное с относительно низким содержанием металла.

Порфировые дайки отмечаются по всему рудному полю месторождения, исключая лишь участки, прилегающие к Дебаклинскому разлому. Дайки имеют дорудный возраст и сопровождаются зонами более богатого оруденения [3].

Гидротермальные изменения выражаются в серицитизации, каолинизации кварцевых монцонитов. По степени гидротермального изменения выделяют сильноизмененные, слабо измененные и неизмененные монцониты. Молибденовое оруденение наиболее интенсивно развито в сильно измененных монцонитах.

По степени окисления молибденита в руде выделяются три технологических типа руд: окисленные - со степенью окисления молибдена свыше 20%; смешанные - 12-20% и сульфидные руды с окислением ниже 12%.

Жилы на Каджаранском месторождении выполнены кварцитом, халькопиритом, молибденитом и пиритом. Остальные сульфиды присутствуют в очень ограниченном количестве. Мощность отдельных жил достигает 6-7 м, а в раздувах доходит до 11-12 м. В начальной стадии отработки месторождения жилы имели самостоятельное промышленное значение и обрабатывались отдельно. Позже по мере роста объема добычи и перехода к более производительным системам подземной отработки, а еще позже и к открытой разработке стали обрабатывать бедные прожилково-вкрапленные руды.

Отбойка породы в карьере ведется массовыми взрывами. Взрывные скважины бурятся станками ударно-механического и шарошечного бурения. Глубина скважин 17-18 м при высоте уступа-15 м.

По руде расстояние между скважинами составляет 6 м. Средний взрыв включает 20-25 скважин.

Погрузка горной массы производится экскаваторами с емкостью ковша 4-4,6 м<sup>3</sup>. Руда транспортируется самосвалами БелАЗ грузоподъемностью 27 т. до рудоспусков, по которым она поступает в бункеры "Транспортной" штольни. Отсюда до корпуса крупного дробления руда перевозится в вагонетках с боковым опрокидыванием груза. Корпус крупного дробления расположен в 100-150 м от устья штольни. С корпуса крупного дробления дробленая руда транспортируется к приемному отделению обогатительной фабрики в вагонетках по канатной дороге.

Поступившая на фабрику товарная руда измельчается в шаровых мельницах и поступает на коллективную флотацию. Полученный коллективный концентрат подвергается разделительной флотации с выделением молибденового и медного концентратов. Молибденовый концентрат после разделения и стадияльной перемычки содержит 48-49% молибдена, медный - 14% меди. Извлечение молибдена в молибденовый концентрат составляет 78-80%; меди в медный - 70-71%.

5479  
В 35-40 км южнее Каджаранского месторождения расположено другое медно-молибденовое месторождение - Агаракское. В рудном поле месторождения развиты в основном интрузивные породы - сиенито-граниты, кварцевые монзониты монзонитовой интрузии и гранодиорит-порфиры, гранодиориты гранодиоритовой интрузии.

Рудное тело месторождения расположено между параллельными тектоническими нарушениями близмеридиального простирания - Агаракским на западе и Спетринским на востоке. Агаракский разлом, висячем боку которого располагается оруденение, по-видимому, является продолжением Дебаклинского разлома. Кроме этих разломов, в рудном поле месторождения отмечаются более мелкие нарушения северо-восточного простирания.

В пределах рудного поля развиты дайки и дайкообразные тела порфиров. Наиболее крупный из них - шток гранодиорит-порфира, близ восточного контакта которого оруденение проявляется наиболее интенсивно. По мере удаления от штока на восток к Спетринскому разлому интенсивность оруденения понижается.

Рудное тело вытянуто в меридиальном направлении, протяженность его I км при средней мощности 200-250 м. В северной части

рудного тела мощность его выше 300-325 м, к югу рудное тело суживается, здесь его мощность 50-100 м.

Оруденение прожилково-вкрапленное с преобладанием вкрапленного, более характерного для минералов меди. В южной части медное оруденение более интенсивно, в северной части выше содержание молибдена.

Вещественный состав руд: пирит, халькопирит, молибденит, магнетит, гематит, кварц, серицит, хлорит, карболит, полевые шпаты, каолинит. Из вторичных минералов наиболее распространены лимонит, малахит, халькантит, ярозит [2].

Агаракское месторождение также обрабатывается открытым способом. Высота уступа в карьере 10 м. Руда транспортируется до дробильного отделения при фабрике автосамосвалами "Татра" и "КРАЗ" грузоподъемностью 10-12 т. Вскрышные породы транспортируются в отвал самосвалами "БелАЗ" грузоподъемностью 27 тонн.

На обогатительной фабрике получают молибденитовый концентрат с содержанием около 50% молибдена и медный концентрат с содержанием около 15% меди. Извлечение молибдена в молибденитовый концентрат составляет 66-68%.

Сорское месторождение расположено в Хакасии. Оно находится в зоне контакта диоритов и прорывающих их лейкократовых гранитов. По Покалову В.Г. образование месторождения связано с субвулканическими порфировыми породами верхнего силура. Рудное тело - штокверк сложной формы, сложенный лейкократовыми гранитами и кварц-полевошпатовыми порфирами. В центральной части месторождения граниты и кварц-полевошпатовые тела прорваны небольшим телом дорудных порфиров. Это тело имеет сложную ветвящуюся форму и с глубиной резко уменьшается в мощности. На контактах с порфирами вмещающие породы брекчированы и сцементированы порфирами. Основная часть промышленного оруденения располагается в гранитах. Оруденение связано с зонами повышенной трещиноватости, которые образуют крупную тектоническую зону северо-западного простирания несколько разобленных рудных тел, имеющих формы изометричных штокверков и штокверковых рудных зон. Изометричные штокверки располагаются в участках пересечения зон повышенной трещиноватости северо-западного и широтного простирания. Штокверковые рудные зоны расположены внутри зон повышенной трещиноватости северо-западного простирания [5].

На месторождении четко выделяется экранирующая роль диоритов, перекрывающих рудовмещающие породы.

Гидротермальные изменения пород выражаются в микроклинизации, серицитизации и окварцевании. Молибденовое оруденение представлено кварц-молибденитовыми прожилками и жилами, а также вкрапленностью молибденита в граните. Молибденит ассоциирует с халькопиритом, борнитом, пиритом и другими минералами. Границы оруденения нечеткие и контуры рудных тел выделяются по данным опробования.

Технологические сорта руд определяются степенью окисления и размером вкрапленности молибденита. Руда с тонковкрапленным молибденитом требует соответственно более тонкого, чем в обычном случае помолы, технологические показатели обогащаются в этом случае хуже. Поэтому шихтовка руды ведется по сумме всех признаков степени окисления, размером рудной вкрапленности и содержанию полезных компонентов. Кроме того, при шихтовке учитывают наличие в руде каолина, серицита и гидроокислов железа, мешающих процессу флотации. Шихтовку ведут по данным опробования взрывных скважин, контроль рудной шихты осуществляется по данным экспресс-анализа проб товарной руды на фабрике.

Месторождение обрабатывается открытым способом с селективной добычей руды. Крепость пород 8-15 по шкале Протодяконова. Наиболее крепкие породы - мелкозернистые граниты ( $f = 12-15$ ). Высота уступов по руде - 10 м, по вскрыше - 15 м. Взрывные скважины бурят станками ударно-механического и шарошечного бурения, скважины эксплуатационной разведки бурят станками ударно-механического бурения. Для заоткоски уступов применяют пневмоударное бурение.

Скважины эксплуатационной разведки опробуются по каждому двухметровому интервалу. По взрывным скважинам интервал опробования - 3 м, в отдельных случаях 4-5 м. Со скважин шарошечного бурения отбирают 3 пробы: две пробы на высоту уступа и одну по перебуру. На участках, где промышленное оруденение заведомо отсутствует, проба берется только по перебуру.

Погрузка отбитой горной массы ведется экскаваторами ЭКГ-4,6. Руда транспортируется самосвалами "БелАЗ" до корпуса крупного дробления фабрики.

На Сорском месторождении при сложном морфологическом

строении рудных тел и большой производительности рудника ведется селективная добыча руды. Для снижения потерь и разубоживания в этих условиях требуется соблюдение ряда предосторожностей. На морфологически сложных участках применяют однорядное взрывание скважин с раздельным взрыванием по отдельным участкам блока. После взрыва рудного блока участки разносортных руд отмечаются вешками для ведения селективной экскавации [7].

Тырнаузское скарновое вольфрамо-молибденовое месторождение расположено на пересечении двух крупных тектонических структур. Оруденение располагается между мраморами и биотитовыми роговиками в скарне и роговике и связано с лейкократовыми гранит-порфирами. Основные рудные тела представлены пироксен-гранит-плагноклазовыми скарнами, которые часто сильно окварцованы. Оруденение представлено шеелитом, молибдосеелитом и молибденитом. Молибденитовое оруденение образовалось позже вольфрамового и наложено на последнее в скарнах. Кроме того, молибденитовое оруденение образует штокверки в биотитовых роговиках и в приконтактной части гранит-порфиров [8].

Основными полезными компонентами в рудах месторождения являются вольфрам и молибден. Молибденовые руды сложны по минеральному составу. Ранние порции молибдена, привнесенные рудными растворами, образовали молибдосеелит за счет проникновения молибдена в кристаллическую решетку шеелита. В такой минеральной форме находится около 20% всего молибдена, заключенного в рудах месторождения.

Большая часть молибдена поступила с более поздними рудными растворами и выделилась в виде молибденита. Так как последний в значительной мере подвержен процессам окисления на верхних горизонтах, в роговиковых рудах примерно половина его превращена в повеллит, все же по месторождению примерно 18% молибдена заключено в повеллите. На месторождении наблюдается вертикальная зональность вольфрамового оруденения, — с глубиной содержания вольфрама резко увеличивается. По содержанию общего молибдена такой зональности нет, но здесь по мере движения на глубину меняются минеральные формы оруденения.

Тырнаузское месторождение разрабатывается подземным способом, системой обрушения пород в блоках. Отбойка ведется

взрывными скважинами с транспортировкой руды подземными электропоездами до корпуса крупного дробления. Некоторые маломощные участки обрабатываются системами с маганизированием.

### 1.2. Техничко-экономические показатели предприятий

25-29% молибдена в Советском Союзе извлекается из руд, добытых подземными работами. Удельный вес подземного способа добычи в нашей стране гораздо ниже, чем за рубежом, где под землей добывается около 57% молибдена. В дальнейшем влияние подземной отработки будет еще меньшим, т.к. молибденовые месторождения, подлежащие освоению в ближайшие годы, будут разрабатываться открытыми работами. Среди действующих предприятий с подземной отработкой проектируется увеличить лишь производительность Тырнаузского комбината. Увеличение производства молибденовых концентратов при этом будет меньшим, чем рост производства на базе месторождений, разрабатываемых открытым способом.

### 1.3. Добыча и транспортировка руды

Среди рудников открытых работ по производительности и технико-экономическим показателям выделяются четыре: Каджаранский, Сорский, Агаракский и рудник Первомайский Джидинского комбината. Эти наиболее мощные рудники в стране имеют и наиболее высокие технические и экономические показатели по всем видам добытых работ.

Наиболее высокие показатели производительности оборудования по молибденовым рудникам СССР на Каджаранском руднике /см. табл.7/. В связи с этим средние показатели по Арм.ССР выше, чем по СССР. То же относится и к удельному расходу материалов. Однако на Каджаранском и Агаракском рудниках в 1965-66 годах была недостаточно высока производительность автосамосвалов. Транспортировка руды - главная статья эксплуатационных расходов на рудниках открытых работ, поэтому повышение производительности работы транспорта имеет первостепенное значение для снижения себестоимости добычи и переработки 1т руды.

Несмотря на высокую производительность оборудования на предприятиях Арм.ССР, производительность труда по среднегодовой добыче руды на одного рудничного рабочего на Каджаранском и Агаракском рудниках ниже средней по молибденовым рудникам СССР и значительно ниже производительности труда на Сорском руднике.

Таблица 5. Удельный расход материалов при очистных работах на открытых рудниках /по материалам I/.

	Расход на 1м <sup>3</sup> горной массы			Электро-энергия (расход на 1т добычи руды), кВт-ч
	ВВ, кг	Долотья, кг	Электро-энергия, кВт-ч	
Сорский	0,32	2,1	1,0 <sup>4</sup>	1,44
Первомайский	0,78	11,5	5,94	3,76
Каджаранский	0,41	4,0	1,38	0,90
Агаракский	0,29	3,9	2,21	1,38

Таблица 6. Производительность труда на рудниках открытых работ (по материалам I, I4, I6).

	В м <sup>3</sup> горной массы на чел/см	Тонн руды в год на 1 рабочего	В м <sup>3</sup> горной массы в год на 1 рабочего
Сорский	42,2	8094	10487
Первомайский	24,0	5764	6118
Каджаранский	27,3	6145	7061
Агаракский	34,9	4902	9670
Багдад (США)	-	8503	25036
Чукикамата (Чили, 1952г.)	24,4	6741	8948

Большая разница в производительности добычи руды и горной массы вызвана высоким коэффициентом вскрыши (равен 10,0).

На рудниках Армянской ССР высоки потери руды. Эти потери объясняются сложным строением рудных тел и отсутствием специальных мер для предотвращения потерь и разубоживания в процессе очистных работ. На Каджаранском руднике при крупных масштабах добычных работ, сосредоточенных на одном участке, возникают

Таблица 7. Производительность оборудования на рудниках СССР и США (1957-59гг.) /I; I3; I4/.

Наименование работ	Единица измерения	Р-к "Первомайский"	Сорский р-к	Каджаран. р-к	Агаракск. р-к	Среднее по Арм. ССР	Среднее по СССР	Единица измерения	Багдад (США)	Инспирейши (США)
Производительность бурового станка	в п.м. в год	1485	6072	16095	8441	12693	7952	п.м. в смену	196,5	146,3
Коэффициент использования бурового станка во времени	%	18,2	26,2	60,6	31,0	-	-	%	-	-
Выход горной массы на 1м скважины	м <sup>3</sup>	60,0	71,9	38,0	49,5	41,4	49,0	м <sup>3</sup>	69,6	115,8
Производительность экскаваторов на 1 м <sup>3</sup> емкости ковша	т.м <sup>3</sup>	47,3	119,3	145,8	104,0	127,9	113,0	т.в.смену	5852	5624
Коэффициент использования экскаваторов во времени	%	29,3	43,0	95,6	31,6	-	-	%	-	-
Производительность автосамосвалов	$\frac{т.км}{т}$	-	21,7	20,5	14,0	16,8	18,3	$\frac{т.км}{т}$	-	73,0
Коэффициент использования автосамосвалов во времени	%	-	63,0	82,1	19,6	-	-	%	59,1	64,6

Таблица 8. Потери и разубоживание по рудникам  
открытых работ СССР /I/.

Рудник	Потери		Разубоживание	
	1965	1966	1965	1966
Первомайский	2,2	1,8	8,8	13,0
Сорский	2,4	2,4	7,1	7,5
Каджаранский	6,0	4,2	8,3	7,6
Агаракский	3,0	8,7	6,0	5,1
Среднее по Армянской ССР	5,2	5,4	7,7	7,0
Среднее по СССР	4,0	4,2	7,6	7,6

трудности с шихтовкой руды, отправляемой на фабрику. Неравномерное содержание молибдена в руде, наличие внутри рудного тела жил, обогащенных участков и участков убогих руд с содержанием намного ниже планового причиняют трудности при шихтовке руды по содержанию молибдена. При составлении рудной шихты по другому признаку (степени окисления) причиной трудностей является резко неравномерное распределение окисленных руд при отсутствии определенных закономерностей его.

Кроме того, на месторождении имеются различные руды, не выделяемые в отдельные технологические сорта. Это - руды западного фланга, в которых молибденит в виде мельчайших выделений рассеян в кварце по прожилкам. Руды центральной части и западного фланга интенсивно каолинизированные и руды восточного фланга, где содержание молибдена низкое, но выше содержания меди и каолинизация заметного распространения не имеет.

Потери и разубоживание на Каджаранском месторождении возникают как по внешнему контуру рудного тела, так и внутри него на контактах с порфировыми дайками. Дайки имеют многочисленные ответвления и апофизы. Элементы залегания их часто меняются вдоль простирания и на глубину, четкое же выявление контуров даек по данным эксплуатационной разведки не всегда возможно.

В практике работы зарубежных рудников распространено при-

менение различного по мощности оборудования при ведении горных работ по руде и по вскрыше. Эти различия обычны и при благоприятных условиях морфологии рудных тел, и при небольшом технологическом сортаменте руд. В 1957-59 годах на меднопорфировых месторождениях США по вскрыше применялись экскаваторы с емкостью ковша от 2,8 до 6,1 м<sup>3</sup>, в то же время по руде применялись экскаваторы с емкостью ковша 2,8-3,4 м<sup>3</sup>. В зависимости от емкости ковша подбирались и самосвалы по руде - грузоподъемностью 28-35 т., реже 40 т; по вскрыше же обычно применяли самосвалы грузоподъемностью 60 т [13;14]. По мере роста мощности оборудования росла и дифференцированность его по назначению. Современные экскаваторы с емкостью ковша от 6 до 10 м<sup>3</sup> сопровождают в работе колесные погрузчики и бульдозеры. Высокая маневренность фронтальных колесных погрузчиков вместе с увеличением производительности и скорости погрузки повышает возможность горизонтальной селекции. Экскаваторы обладают большими возможностями для вертикальной селекции, но низкая маневренность резко снижает их способность к селекции руд по горизонтали. При селективной отработке маломощных, линзообразных и пластообразных рудных тел там, где позволяет крепость пород, применяют скраперы [12].

Проектом расширения Каджаранского медно-молибденового комбината до мощности по добыче и переработке 20 млн.т. руды в год предусмотрено применение 40-60-тонных самосвалов и 8-кубовых экскаваторов при отработке месторождения уступами высотой 30 м. Если существующие в настоящее время требования к руде не будут пересмотрены, то применение столь мощного оборудования при увеличении высоты уступа вдвое вызовет значительный рост потерь и разубоживания. Для предотвращения этого роста должны быть предусмотрены меры как в области ведения горных работ, так и в промышленных требованиях к руде.

#### 1.4. Переработка и извлечение молибдена из руд

Наиболее крупные разрабатываемые месторождения молибдена в СССР комплексные, помимо молибдена из руд здесь извлекают и другие полезные компоненты. На крупнейших комбинатах страны Каджаранском и Сорском, кроме молибдена, извлекаются медь, золото и серебро.

На всех месторождениях (кроме Тырнаузского) молибден из-

влекают в виде молибденита. На Тырнаузском комбинате извлекают из руд также молибдониелит и повеллит.

При переработке руд наиболее высокий расход электроэнергии на Агаракской и Тырнаузской обогатительных фабриках и меньше всего на Каджаранской фабрике. На Агараской фабрике, кроме того, наиболее высокий расход воды и реагентов.

На Соре извлечение молибденита в молибденовый концентрат высокое. При содержании молибдена в товарной руде 0,068-0,073% извлечение его в концентрат составляет 88-89% по сульфидной форме. Извлечение молибденита в концентрат в пределах 82-84% достигнуто на Каджаранской и Тырнаузской фабриках, но т.к. извлечение здесь рассчитывают от общего содержания молибденита в руде, вне зависимости от минеральной формы, то оно оказывается более низким. В особенности это относится к Тырнаузу.

Среднее извлечение молибдена по фабрикам СССР в 1966 году составило 78,7% при среднем содержании 0,060% /1/. В США среднее извлечение молибденита составляет 89-90% при содержании 0,18%, в Канаде также 89-90% при среднем содержании в товарной руде 0,20% молибдена.

Более высокое извлечение в этих странах объясняется не только высоким содержанием молибдена в товарной руде. На обогатительных фабриках США и Канады для повышения извлечения молибдена применяют ряд дополнительных операций, таких, как пропарка в известковой среде, обжиг хвостов, повторная флотация и т.п. Кроме того, повышению извлечения в последнее время способствовало применение новых реагентов [4].

Наиболее высокая производительность труда по среднегодовой переработке руды на одного рабочего среди молибденовых обогатительных фабрик СССР в 1966 г. была на Сорской фабрике. Несколько ниже производительность на Каджаранской обогатительной фабрике. Средняя производительность труда по фабрикам Армянской ССР выше средней по СССР /1/.

При расчете в целом по комбинату самые высокие показатели производительности труда на Каджаранском и Агаракском комбинатах, но даже на наиболее передовых наших предприятиях производительность труда намного ниже, чем на предприятиях США.

Среднеотраслевая себестоимость 1т концентрата из года в год снижается со среднегодовым темпом снижения за 12 лет (с 1955 по 1966гг) - 6,6%, а за шесть лет (с 1960 по 1966гг) - 4,4%.

Таблица 9. Расход воды, электроэнергии и реагентов по некоторым обогатительным фабрикам СССР, США и Канады /1; 5/.

Фабрика	Вода, м <sup>3</sup>	Электроэн., квт.-ч.	Собиратели, г/т	Вспениватели, г/т	Цианиды, г/т	Известь или сода кальцинированная, г/т	Другие реагенты, г/т
Первомайская	3,19	17,2	ксантат-24 керосин-57	терпинил - 66	-	-	Сернистый Na-302 63%
Тырнауэ	2,6	19,3	ксантат-1 керосин-172 олеиновая кислота -0,101	терпиниол-50 силикат-2100	-	сода-0,78	-50 -10 63%
Сора	2,5	17,1	ксантат-10 керосин-184	терпиниол-18	цианплав-77 42%	-	сернистый Na-546 63%
Каджаран	3,45	14,6	ксантат-37 керосин-125	силикат-22	-	сода14	сернистый Na-640 63%
Агарак	3,85	26,0	ксантат-48	-	-	сода-0,37	-
Сан-Мануэль	-	18,1	минерек-90 меркаптобензо* тиаол-70	метилизобутил- карбинол-27 50	ферроцианид -670 цианид-270	известь-1400	гипохлорит Na-7000 H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> - 6000
Моренси				50	цианид-270	известь-1620	-
Эсперанца			этиловый и алли- ловый ксантоге- нат-25	генциловый спирт-50	ферроцианид -25	известь -173	
Бетлехем			аллиловый ксан- тогенат - 200- -11,5	синтетический спиртовый вспениватель-12	-	известь-640	

Таблица 10. Содержание молибдена в руде, концентрате и извлечение его в концентрат по обогатительным фабрикам СССР, США и Канады /8;9;12;17;19/.

Обогатительная фабрика	Содержание в руде, %	Извлечение молибдена, %	Содержание молибдена в концентрате, %	
1	2	3	4	
Каджаранская	СССР	0,057	80,2	48-49
Агаракская	"	0,026	67,7	50,0
Сорская	"	0,077	85,6	49,0
Тырныаузская	"	0,049	52,6	48,0
Первомайская	"	0,051	72,8	49-50
Балхашская	"	0,094	85,0	50,0
Коктенкол	"	0,091	86	51,0
	проект			
Жирекен	"	0,095	88	50,0
Орекаткан	"	0,095	85	50,0
Бугдая	"	0,08	72	50,0
Клаймакс	США	0,21	92,0	55-57
Квеста	"	0,16	88,0	54
Моренси	"	0,015	67,2	52
Сан-Мануэль	"	0,021	78,8	57
Эсперанца	"	0,02	80,0	53-54
Эндако	Канада	0,14	90,0	54-55
Алис Арм	"	0,14-0,16	86,0	-"-
Босс Маунтин	"	0,40	95,0	-"-
Ред Маунтин	"	0,43	88,0	-"-
Бехлехем	"	0,05	65,0	-"-
Гаспе	"	0,02	50,0	-"-

Таблица II. Эксплуатационные издержки на добычу и переработку 1 т руды по некоторым предприятиям СССР и Канады /1;10/.

Предприятия	Способ обработки	Себестоимость добычи 1т руды, руб.	Себестоимость переработки 1т руды, руб.	Эксплуатационные издержки на добычу и переработку 1т руды, руб. и доллар
Первомайский р-к	открытый	1,53	1,43	2,96
Сорский к-т	"	1,15	1,14	2,29
Каджаранский к-т	"	0,95	1,07	2,02
Агаракский к-т	"	1,46	1,66	3,12
Тырныаузский к-т	подземный	2,45	1,37	3,82
Эндако	открытый	-	-	1,4
Гаспе	открытый и подземный	-	-	4,2
Ла Корн	подземный	-	-	6,01

Некоторые небольшие обогатительные фабрики (Давенда, Парагачей и др.) в качестве конечного продукта получают молибденовый промпродукт. Среднеотраслевая себестоимость промпродукта изменяется из года в год и, в общем, имеет тенденцию к росту. Она выше оптовой цены на молибденовый концентрат.

В связи с изменением цен на сырье и металлы с I.УП-67г. себестоимость концентратов по предприятиям возросла. По данным МЦМ СССР этот рост в среднем по стране составил 19%. Кроме того, себестоимость возросла в связи с включением в нее отчислений на геологоразведочные работы.

В 1967 г. около 63% молибдена в концентрате и промпродукте было получено по себестоимости концентрата - ниже 3000руб. за одну тонну. Предприятия, производящие промпродукт по себестоимости выше оптовой цены, выдали около 8% всей продукции молибдена в концентрате и промпродукте. Оптовые цены на молиб-

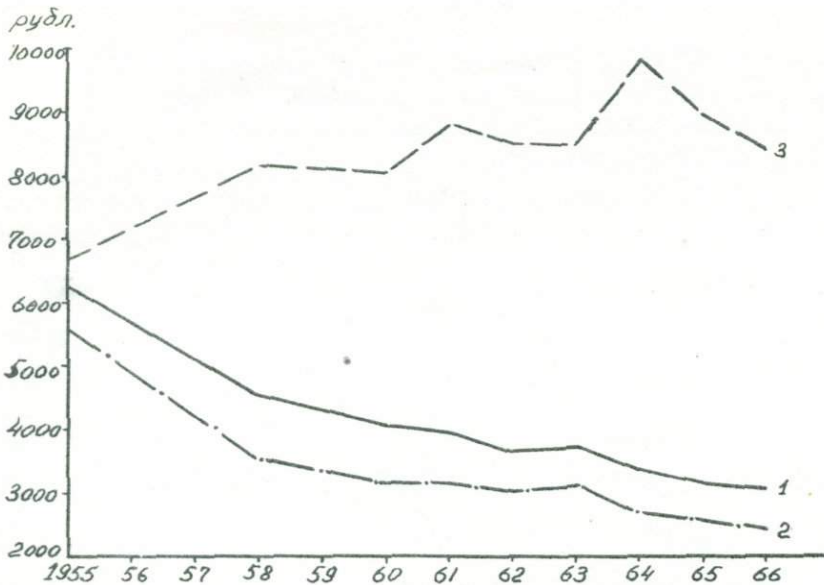


Рис. 4. Динамика изменения среднеотраслевой себестоимости молибденового концентрата и промпродукта / по материалам I /.

- 1 — среднеотраслевая себестоимость, включая затраты на получение промпродукта и доводку.  
 2 — среднеотраслевая себестоимость I т молибденового концентрата.  
 3 — среднеотраслевая себестоимость промпродукта.

деновый концентрат завышены и имеют целью стимулировать дальнейшее развитие молибденовой промышленности в СССР.

#### 1.5. Капиталовложения в строительство молибденовых предприятий.

Сырьевая база молибденовой промышленности СССР отличается весьма низкими содержаниями молибдена в руде. Большинство молибденовых месторождений СССР являются комплексными и кроме молибдена содержат в недрах в значительных количествах другие металлы. Извлечение этих попутных компонентов из руд имеет существенное значение для экономической эффективности отработки молибденовых месторождений. На Каджаранском месторождении ценность попутных меди, золота и серебра, рассчитанная по действующим оптовым ценам, составляет 17% ценности всей годовой продукции металлов. На Агаракском месторождении ценность тех же

Таблица 12. Производительность труда по  
 обогатительным фабрикам и в целом  
 по комбинатам СССР и США  
 / по материалам I; II; I2; I4 /.

Предприятие	Переработка руды	Добыча и Год установ-		
	в год	переработ-ления пока-		
	в м <sup>3</sup> на I	в м <sup>3</sup> на	в м <sup>3</sup> на	ка в год
	рабочего	I чел/см	I трудя-	зателя
			щегося	
<u>СССР</u>				
Сора	11454	46,6	1447	1966
Каджаран	9570	38,4	1590	-"-
Агарак	7309	29,2	1521	-"-
Тырныауз	6164	24,0	1145	-"-
Первомайск.	7028	29,3	-	-"-
<u>США</u>				
Клаймакс	-	-	10200	1967
Сан Мануэль	29361	134,5	-	1959
Багдад	22500	104,1	5538	1957

металлов составляет 48% общей извлекаемой ценности. На Тырныаузском месторождении ценность молибдена составляет около 43% от общей.

Но даже при переводе попутных извлекаемых ценностей в условный молибден в Советском Союзе не оказывается крупных месторождений с содержанием условного молибдена выше 0,1%. В то же время в главных производящих молибден зарубежных странах (в США и Канаде) основная часть металла добывается из недр месторождений, содержащих выше 0,12% молибдена. Это обстоятельство имело и имеет большое влияние на развитие молибденовой промышленности в СССР, т.к. для получения одной тонны молибденового концентрата в нашей стране требуются более высокие капиталовложения.

При существующих ценах на молибденовые концентраты произ-

Таблица 13. Капиталовложения в строительство и расширение предприятий по добыче и переработке молибденовых и медно-молибденовых руд.

Предприятие	Капиталовложения, млн.руб. и доллар.	Годовая мощность по переработке	Годовая продукция		Удельные капиталовложения, руб. и доллар		Примечания
			молибден, т	медь, тыс.т	на 1т годовой мощности	на 1т годовой продукции условного Мо в концентрате	
1	2	3	4	5	6	7	8
Тырнауз	82,5	2,8	-	-	30,0	33000	Рудник подземн. отработ.и обога-тит. фабрика 1964-1980гг
-"	94,0	+7,4	-	-	12,7	14178	
Сора	59,4	3,3			18,0	29864	Рудник открытой разработки и обогатит. фабрика 1964г.
-"	30,5	+2,2			14,0	23001	1980г
Агарак	33,8	1,4			24,2	78971	Рудник открытой разр. и фабрика 1964
-"	6,6	1,1			6,0	7894	1980г
Каджаран	92,5	4,2			23,0	35563	Рудник откр. разр. и фабрика 1964
-"	168,5	15,8			10,7	16359	1980г
Коктенкол	125	11,0			11,4	14318	Рудник откр. работ и фабрика 1980г.
Жирекен	57	3,3			17,3	43947	Открытой отработ.и обогащен.
Орекиткан	150	7,5			20,0	20424	-"
Бугдая	60	6,6			9,1	18382	-"
<b>С Ш А</b>							
Сан-Мануэль, Аризона	94	12,0	1000	68,6	7,8	-	Рудник подземн. отработки и фабрика 1959г
Юрад, Колорадо	25	1,6	3180	-	15,4	7860	-"-1967г
Сьерита-Джувал Аризона	151	22	5450	59	6,9	-	Рудник откр. разр. обогат. фабрика и производство меди 1970г.

I	2	3	4	5	6	7	8
Квеста, Нью-Мексико	44	9,1	4540	-	4,8	9700	Рудник открытой разработки и обог. фабрика 1965г.
<u>Канада</u>							
Алис Арм, Британская Колумбия	20	4-5	2270	-	4,4	8800	Рудник открытой отработки и фабрика, 1967г.
Эндако, Брит. Колумбия	22	4,2	4500	-	5,2	4889	"- 1966г.
Пичланд (Бренда) Брит. Колумбия	60	8,6	3620		7,0	-	"- 1969г.
Гайланд Вэлли- (лорнекс) Брит. Колумбия	120	12,4	2080	39	9,7	-	"- 1971г.
Месторождения о-ва Ванкувер	38,5	7,2	н.д.	н.д.	5,3	-	"- 1972-73гг.

I - Цифры капитальных вложений и годовых мощностей предприятий приведены по проектным показателям [8].

водство, базирующееся на комплексных месторождениях, высокорентабельно, а сроки окупаемости капитальных вложений в строительство и расширение предприятий короткие. С точки же зрения увеличения производства молибденовых концентратов в стране эти капитальные вложения недостаточно эффективны.

Месторождения, находящиеся в резерве и подлежащие освоению, имеют более высокие содержания молибдена (Коктенкол - 0,097%; Орехиткан - 0,10%), но экономическая эффективность капиталовложений в их освоение ниже, чем при расширении действующих предприятий. Кроме того, по различным причинам освоение их возможно лишь к 1980г. Исходя из всего этого, группой авторов /9/ была рекомендована следующая очередность в выделении средств на капитальное строительство по предприятиям: Казаран, Тырнауз, Сора, Миркеи, Коктенкол, Орехиткан, Бугдая.

Удельные капитальные вложения на единицу годовой мощности по молибденовым предприятиям СССР постоянно снижаются, но все еще высоки. По действующим предприятиям они составляют от 20 до 30 руб. на 1т годовой мощности по Добыче и переработке. При расширении действующих предприятий удельные капиталовложения более чем в два раза ниже и составляют 10-13 руб. на 1т годовой мощности.

# Л И Т Е Р А Т У Р А

## к I части

- I. "Ежегодник вольфрамowo-молибденовой промышленности, 1966г." "Цветметпроект" Москва, 1967.
2. Магакян И.Г., Мкртчян С.С., Мовсесян С.А., Карамян К.А. Молибден. "Геология Арм.ССР" том У1, гл.4, изд. АН Арм.ССР Ереван, 1967.
3. Мовсесян С.А. Пирдоуданское медно-молибденовое месторождение. Изд. Арм ФАН, Ереван, 1941.
4. "Новые материалы о производстве молибдена за рубежом". Рукопись, Цветметпроект, Москва, 1969.
5. Покалов В.Т. "Эндогенные месторождения молибдена", Недра, Москва, 1964.
6. "Технико-экономический обзор развития вольфрамowo-молибденовой промышленности на 1966-70 годы и генеральная перспектива до 1980г." "Цветметпроект". Москва, 1965.
7. Филимонов О.В., Орешков М.П., Махин П.А., Скорых С.С. "Селективная добыча руды на Сорском комбинате". "Горный журнал", №10, Москва, 1967.
8. Хрущов Н.А. "Молибден". Госгеолтехиздат, Москва, 1961.
9. Хрущов Н.А., Россов Д.Б., Быховер Л.А. и др. "Технико-экономический обзор развития минеральносырьевой базы молибденовой промышленности СССР на 1966-1970г.г. и генеральная перспектива до 1980г. ВИМС-ВИЭМС-Цветметпроект, Москва, 1965.
10. Canadian Mines Handbook., 1967-68., Toronto 1967.
11. Dale V.B. "Mining, Milling and Smelting methods, San Manuel Copper Corp. open-pit mine, Pinal County, Arizona" USBM inf.circular N8104; 1962.
12. "Engineering and Mining Journal" New York, 1967-68-69 гг.
13. Hardwick W.R. "Mining methods and costs, Inspiration Consolidated Copper Co open-pit mine, Gila County, Arizona", USBM inf, circular N8154, 1963
14. Hardwick W.R., Jones E.L. "Open-pit mining methods and

costs at the Bagdad Copper Corporation, Yavapai County Ariz."  
USBM inf.circular N 7929, 1959.

15. "Minerals Yearbook 1965"., vol.IV-V, New York 1966.
16. "Mining Engineering" N II, New York 1952.
17. "Mining Journal" Annual Revue 1967; april 1968.
18. "Mining Journal" London 1968-69.
19. "Western Miner" Toronto. 1967-68.

## ЧАСТЬ II

# СЫРЬЕВАЯ БАЗА И ПРОИЗВОДСТВО МОЛИБДЕНА ЗА РУБЕЖОМ

### I. Сырьевая база

Добыча молибдена в промышленных целях за рубежом началась в конце прошлого столетия с рудника Кнабен в Норвегии, а позже с некоторых рудников США и Австралии. К началу первой мировой войны в мире производилось около 100 т молибдена в год. Во время войны ощущался недостаток в вольфраме, что определило рост производства молибдена, металла, способного заменить вольфрам. В это же время началось применение сплавов с молибденом в производстве авиационных моторов на заводах Форда. В 1918 году мировое производство молибдена составило уже 800 т.

После войны из-за снижения военного производства и накопления значительных запасов молибдена у потребителей производство его резко снизилось и составило в 1921 году около 50 т.

В 20-х годах велись широкие исследования в области металлургии и применения в автомобильной промышленности хромоникель-молибденовых и хромомолибденовых сталей и сплавов. Они дали положительные результаты и послужили мощным толчком к развитию добычи и производства молибдена.

С тех пор молибденовая промышленность более не знала длительных периодов застоя или упадка в развитии и до сегодняшнего дня сохраняет хорошие перспективы. В настоящее время в капиталис-

тических странах производится более 60 тыс. т молибдена в руде и концентрате, и в ближайшие годы эта цифра сильно возрастет. Сырьевая база молибденовой промышленности весьма обширна и в состоянии обеспечить производственные нужды на много лет вперед.

подавляющее большинство молибденовых месторождений капиталистических стран расположено в западном полушарии, вдоль отрогов Кордильер. Здесь они протягиваются полосой в районах, прилегающих к горным хребтам Кордильер в Канаде, США, Мексике, Перу и Чили с востока и запада. Наиболее крупные запасы молибдена сосредоточены в провинции Британская Колумбия (Канада), в штатах Колорадо, Нью Мексико и Аризона /США/ и в Чили.

Другая молибденовая провинция западного полушария, значительно меньшая по размерам и запасам металла, расположена в восточной части Северной Америки, на территории провинций Нью Брансуик и Квебек в Канаде и штата Мэн в США.

В восточном полушарии среди зарубежных стран наибольшими запасами молибдена располагает Китай. Здесь молибденовые месторождения в основном располагаются в Восточном Китае, месторождения Южного Китая обладают значительно меньшими запасами [2]. Кроме этого, молибденовые месторождения расположены в Гренландии /Мастервиг/, Норвегии /Кнабен и Квина/, Югославии /Мачкатица/, Италии /остров Сардиния/, Марокко /Азегур/. В Азии небольшими запасами молибдена обладают Южная Корея, КНДР и Филиппины. Отдельные рудопроявления отмечаются в Африке.

Основная часть запасов молибдена сосредоточена в недрах штокверковых месторождений собственно молибденовых, медно-молибденовых и меднопорфировых руд. Штокверковые месторождения образуются в результате деятельности гидротермальных растворов гранитоидной магмы. Они часто располагаются вблизи крупных региональных разломов и пространственно связаны с малыми интрузивными телами гранитоидного состава [7]. Интенсивность оруденения на этих месторождениях прямо связана со степенью развития структурных элементов.

Штокверковые месторождения содержат в своих недрах до 80% всех запасов молибдена в мире. Внутри штокверкового промышленного типа большая часть запасов сосредоточена в месторождениях собственно молибденовых руд, среди которых резко выделяются месторождения Клаймакс и Гендерсон.

Месторождения Клаймакс и Гендерсон расположены в штате Колорадо /США/ и в настоящее время являются крупнейшими в мире. Первое из них разрабатывается с 1918 года. Запасы этого месторождения оценивались в I млн.т молибдена. В течение многих лет интенсивной эксплуатации за счет доразведки и снижения предельного содержания запасы неоднократно наращивались и в настоящее время оцениваются в 820 тыс.т с содержанием молибдена 0,21%. На месторождении имеются резервы бедных руд, и оруденение полностью не оконтурено.

Месторождение Гендерсон открыто недавно. Общие запасы по первоначальным данным составляли 236 млн.т /154млн.т достоверных/ с содержанием молибдена 0,27%. В 1967 году корпорация "Американ Металл Клаймакс" объявила об увеличении запасов руды до 303 млн.т с содержанием металла 0,29%, что составляет 880 тыс. т металла.

Третьим по величине месторождением в США является месторождение Квеста в штате Нью Мексико, запасы которого составляют 350 тыс.т металла при содержании его в недрах 0,13-0,15%. В сумме запасы этих трех крупнейших месторождений США составляют 2030 тыс.т молибдена. Общие же запасы разрабатываемых и подлежащих разработке в ближайшее время месторождений США могут быть оценены в 2,7-2,8млн.т молибдена. Большая часть остальных запасов приходится на долю меднопорфировых месторождений Юго-Запада.

Следует отметить, что Соединенные Штаты обладают большими потенциальными возможностями для дальнейшего увеличения разведанных запасов молибдена. По оценкам 1965г. [22], достоверные, вероятные и прогнозные запасы всех месторождений и рудопроявлений США этого года превышали 4 млн.т металла. Дальнейшие поиски выявили ряд новых рудоносных площадей, и в настоящее время общие и прогнозные запасы страны можно оценить в 4,5-5,0млн.т.

В Канаде штокверковые месторождения собственно молибденовых руд также имеют весьма важное значение. Удельный вес их по запасам металла в стране составляет 58%. Основная продукция молибдена в концентрате поступает с месторождений этого типа, расположенных в провинции Британская Колумбия.

Наиболее крупным месторождением в Канаде является месторождение Эндако, расположенное в провинции Брит. Колумбия. По пос-

ледным данным общие запасы руды составляют здесь 239млн.т с содержанием молибдена 0,09%. Руды месторождения различны по качеству: наряду с богатыми рудами, содержащими 0,12-0,13% молибдена имеются значительные запасы бедных руд. с содержанием 0,058% молибдена.

Среди остальных месторождений этой промышленной группы выделяются месторождение Алис Арм с запасами 40 млн.т руды с содержанием молибдена 0,14% и Босс Маунтин с очень высоким содержанием металла в руде-0,57%. Суммарные запасы штокверковых собственно молибденовых месторождений Канады составляют около 290 тыс.т молибдена.

В последние годы сильно расширилась сырьевая база штокверковых медно-молибденовых месторождений Канады благодаря разведке новых крупных месторождений в Брит. Колумбии. В долине Гайланд Вэлли, по соседству с уже известным небольшим медно-молибденовым месторождением, закончена разведка другого довольно крупного месторождения с запасами 293млн.т руды с содержанием молибдена 0,014% и меди 0,427%. Разведка месторождения обошлась в 7,24млн.канадских долларов. Здесь же ведется разведка крупного месторождения, запасы которого по предположениям составят 500 млн.т руды с содержанием меди 0,5% и низким содержанием попутного молибдена. Общие запасы рудоносной площади долины Гайланд Вэлли можно оценить в I млрд.т руды с содержанием меди 0,4-0,5% и молибдена порядка первых десятых долей процента.

В конце 1969 года начнется добыча и переработка руд на месторождении Пичланд, запасы которого составляют 167,5млн.т руды с содержанием молибдена 0,052% и меди 0,19%. На острове Ванкувер закончены предварительные технологические испытания руд медно-молибденового месторождения с запасами 150 млн.т руды с содержанием меди 0,51% и молибдена 0,015%.

На участке, примыкающем к долине Гайланд Вэлли, расположено месторождение Гаймонт. Оруденение приурочено к двум зонам. Запасы восточной зоны оцениваются в 72 млн.т руды с содержанием меди 0,25% и молибдена 0,036%.

На востоке Канады, в провинции Нью Брансуик в 37 милях от Фредерик Блонс ведется детальная разведка вольфрамово-молибденового месторождения.<sup>I</sup> В целом общие запасы штокверковых место-

<sup>I</sup>Подробные данные об этом месторождении отсутствуют, и вполне возможно, что его следует отнести к какому-либо другому промышленному типу.

рождений Канады можно оценить в 450 тыс.т молибдена.

Интенсивные поиски и разведка на территории Северной Америки ведутся как внутри рудных полей известных месторождений, так и вблизи рудных районов. В результате разведочных работ в штатах Нью Мексико и Аризона /США/ были оценены запасы и обоснована целесообразность отработки руд меднопорфировых месторождений Твинн Баттс и Сьерита-Дьювал в Аризоне и выявлена крупная рудоносная площадь в районе Руидозо в штате Нью Мексико. По соседству, в Мексике, на месторождении Ла Верде в Мичукане /штат Мексико/ в результате разведочных работ выявлена рудная зона крупных размеров с содержанием меди 1,3%, молибдена 0,018%, при наличии золота и серебра. На востоке в штате Мэн закончена разведка и промышленная оценка месторождения Катлерт Маунтин. Запасы руд пока оцениваются в 20 млн.т с низким содержанием меди и молибдена. Благодаря этим работам достоверные и вероятные запасы штокверковых месторождений собственно молибденовых, медно-молибденовых месторождений Северной Америки превышают в настоящее время 3 млн.т, и она удерживает первенствующее положение в мире.

В Южной Америке меднопорфировые месторождения Чили и Перу обладают запасами молибдена с низким содержанием. Важнейшими здесь являются месторождения Эль Тенниенте, Чукикамата /Чили/. Намного меньше запасы месторождений Токэпала /Перу/ и Эль Сальвадор /Чили/. В добавление к известным месторождениям в провинции Антофагаста /Чили/ в 100км к северу от Чукикаматы открыто новое месторождение. Оруденение здесь располагается на территории 20000га. Суммарное содержание молибдена и меди достигает 3,5% [16].

Данные о запасах месторождений Южной Америки, встречающиеся в литературе, весьма противоречивы, и поэтому оценка с удовлетворительной точностью запасов молибдена в Чили и Перу не представляется возможным.

Крупные месторождения штокверкового типа расположены и в Китае. Распределение запасов по промышленным типам месторождений здесь имеет следующий вид: штокверковые месторождения - 91% от общей суммы запасов молибдена (скарновые месторождения - 8%, жильные месторождения - 1%) [2].

Наряду с штокверковыми месторождениями собственно молибде-

новых руд /Тиндуйчен, Цяньцоло, Фаньцзы и др./ имеются и медно-порфиновые месторождения, содержащие попутный молибден, но основная часть запасов связана все же с собственно молибденовыми месторождениями.

Жильные месторождения не играют существенной роли в балансе сырьевых ресурсов молибдена. Среди них следует отметить лишь месторождения Кнабен и Квина в Норвегии, Ла Корн в Канаде, Блэк Ноук в штате Колорадо /США/.

Скарновые месторождения развиты в Китае. Здесь отмечаются скарновые собственно молибденовые месторождения - Янцзяньчанцзы с запасами 8 млн. т руды с содержанием молибдена 0,32% [21] и др., скарновые медно-молибденовые месторождения - Хуатун, Тунгуаньшань, Луньцзяшань и скарновые вольфрамовые месторождения с молибденом - Яогансянь [2] .

## 2. Производство молибденовой продукции за рубежом

### 2.1. Добыча и переработка руды, производство молибденовых концентратов.

Основная часть производимой за рубежом молибденовой продукции приходится на долю США. В 1966 году в США было произведено 41,1 тыс. т молибдена в концентрате, или 72% всей продукции молибдена капиталистических стран. Влияние США на мировое производство настолько велико, что в 1967 году в связи с длительной забастовкой в меднорудной промышленности и падением попутного производства молибдена на меднопорфировых месторождениях Юго-Запада США общее производство капиталистических стран также понизилось, несмотря на значительный его рост в других странах. Внутри страны большая часть молибдена в концентрате производится из руд месторождений штата Колорадо. Молибденовые месторождения здесь приурочены к Колорадскому рудному поясу, представляющему собой зону юго-западного простирания шириной 16-21 км. Наиболее крупным является месторождение Клаймакс.

Таблица I  
Производство молибдена в концентрате по капиталистическим странам за 1964-1968 и 1971г г., т

Страна	1964 /Данные статистики/	1965	1966	1967	1968	1971 /Оценка/
США	29760	35130	41100	39750	42600	70000- -75000 <sup>2)</sup>
Канада	560	4330	9150	9640	10470	16000
Чили	3900	4100	4740	5850		11400
Перу		670	760	1490		
Южная Корея	90	200	300			
Япония	280	280	280			
Норвегия	200	290	220			
Мексика	30	50	92			
Филиппины		80	50			
Итого	35900	44580	56890	55978	61400	95000-100000

Рудное тело Клаймакса представляет собой штокверк прожилково-жираленных руд, расположенный среди зоны дробленых и гидротермально измененных пород. Наибольшие концентрации молибдена отмечаются в промежуточной зоне окварцованных, калиштатизированных и серицитизированных пород. Эта зона ближе к центру постепенно переходит в зону кварцитов, а по периферии окварцованные породы также постепенно переходят в слабо измененные вмещающие породы. На поверхности рудное тело имеет кольцеобразную форму с длинной осью, вытянутой в северо-восточном направлении на 1000 м, и с короткой осью около 400 м. Площадь рудного тела около 300 тыс.м<sup>2</sup> [8]. Ниже по разрезу площадь рудного тела уменьшается, и оно постепенно переходит в шток кварцевого монзонит-порфира, где окружает его центральное окварцованное ядро. Кроме основного рудного кольца, к западу от него и грубо параллельно сбросу Москвито ответвляется большая рудная полоса серпообразной формы. Полоса залегает среди древних гранитов и сланцев и по-

ДПроизводственные мощности.

2Наличие производственных мощностей в США зависит от темпа строительства предприятия на базе месторождения Гендерсон. Предполагается, что рудник и обогатительная фабрика будут работать на полную мощность в 1974 году.

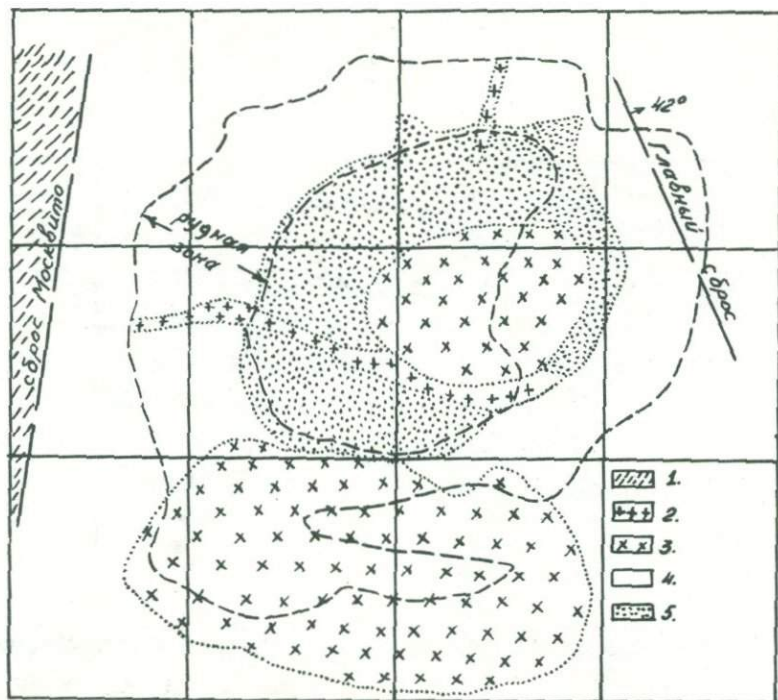


Рис. I. План горизонта штольни "Филлипсон" месторождения Клаймакс:

1 - осадочные породы; 2 - порфировые дайки; 3 - кварцевые монцонит-порфиры; 4 - древние граниты и сланцы; 5 - кварциты.

добно основной зоне имеет в своей вогнутой части массив кварцитов [7]. Длина полосы 1200м, средняя мощность 100м. Полоса расположена на глубине 350м от поверхности. Еще ниже форма рудного тела аналогична форме его на верхних горизонтах, но площадь рудного тела здесь меньше. На рис.1,2 приведены план горизонта штольни "Филлипсон" разрез через рудное тело месторождения Клаймакс [8].

В рудах месторождения встречаются следующие минералы: первичные - халькопирит, сфалерит, галенит, молибденит, пирит, кварц, полевые шпаты, ильменорутит, касситерит, топаз, альбит, серицит, лепидолит, магнезит, бренерит, родохрозит, гюбнерит, флюорит и монацит. Вторичные минералы представлены молибдитом, лимонитом, ярозитом, гипсом, халькантитом, диккитом, каолинитом, монтмориллонитом и галуазитом [34].

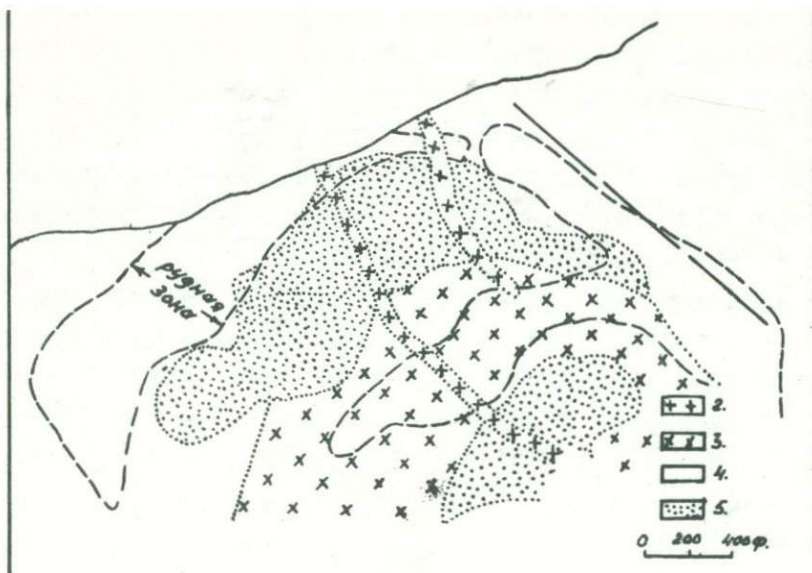


Рис.2. Вертикальный разрез через рудное тело месторождения Клаймакс /условные обозначения те же/.

Месторождение Клаймакс принадлежит компании "Клаймакс Молибденум", которая входит в корпорацию "Американ Металл Клаймакс". Разработка его началась в 1918 году, но не имела широкого развития до 1924 года. С 1924 года добыча и переработка руды стала расти, и в настоящее время добычные работы ведутся на 16 шахтах, обеспечивающих добычу около 45000т руды в сутки. Отработка ведется подземным способом. Сильно трещиноватые руды месторождения обрушиваются силой собственной тяжести при подрезке блока на площади 20х30м и через люки поступают на откаточные горизонты. Отсюда руда поступает к шахтным подъемникам и далее на обогатительную фабрику. При транспортировке руды под землей широко используются ленточные конвейеры.

Перед основной флотацией руда измельчается до 0,15мм, с выходом этого класса крупности - 43%. После этого она поступает на основную флотацию, которая осуществляется в секциях, состоящих из бункера, шаровой мельницы, классификатора, флотационных машин и вспомогательного оборудования. В качестве реагентов применяют: сосновое масло - 0,025 кг/т, реагент "Синтекс М"/сульфированный глицероид/-0,01кг/т, углеводородное масло - 0,5кг/т. Черновой концентрат после основной флотации содержит 4,8-6% мо-

либдена и после сгущения подвергается перечистке в четыре стадии. Для улучшения процесса в стадии перечистки подают небольшое количество соснового масла, а также кальцинированную соду и цианиды — для депрессии пирита и халькопирита. Полученный концентрат фильтруется и высушивается. Конечный продукт — молибденовый концентрат высокого качества — содержит 90–92% молибденита /54–55% молибдена/, 0,3% меди и 0,4% железа.

Кроме молибдена из руд месторождения извлекается вольфрам, олово и пиритный концентрат. Хвосты молибденовой флотации поступают на винтовые сепараторы, где отделяется пирит. Продукт этой стадии переработки обезвоживается и направляется на пиритную флотацию. Пиритный концентрат содержит 50% серы и передается потребителям в качестве сырья для производства серной кислоты. Хвосты пиритной флотации поступают на концентрационные столы. Продукт обогащения на концентрационных столах обезвоживают и подвергают флотации. В результате получается монацитовый концентрат. После монацитовой флотации хвосты поступают в магнитные сепараторы. Здесь после обработки их в несколько стадий получают вольфрамовый концентрат, а хвосты отправляют на переработку для получения оловянного концентрата с содержанием олова 40%.

В 1961 году в исследовательских центрах "Клаймакс Молибденум Компани" в Голдене (Колорадо), Анн Арборе (Мичиган), Лангелоте (Пенсильвания) с помощью четырех исследовательских фирм были начаты интенсивные исследования с целью разработки технологии извлечения окисленных форм молибдена.

Зона окисления на месторождении слабо развита. Наибольшее количество окисленных форм развито на верхних горизонтах месторождения до глубины 50 м от поверхности, где их количество оценивалось в 10–20% от общего молибдена. Этим однако развитие окисленного молибдена не ограничивается. Отдельные участки и гнезда окисленных руд отмечаются на глубине даже там, где с поверхности количество окисленного молибдена ничтожно [35]. Руды месторождения сильно трещиноваты и это обстоятельство благоприятствовало развитию окисленных минералов молибдена и других его форм на глубине. Основные минеральные формы окисленного молибдена — молибдит и молибден, содержащие гидроокислы железа /в частности лимонит/.

Первые фабричные испытания были проведены в 1963 году, в

этом же году, несколько позже, была начата детальная инженерная разработка будущей фабрики. В строительстве и монтаже оборудования участвовало 370 рабочих. Капиталовложения в строительство составили 18 млн. долларов.

Фабрика была пущена 19 ноября 1966 года с суточной мощностью по переработке 5700 т. По экономическим соображениям перерабатываются хвосты флотации сульфидного молибдена, однако в настоящее время изучаются возможности переработки старых хвостов и окисленных руд с верхних горизонтов месторождения.

Питание фабрики поступает в виде жидкой массы с 35% твердых частиц в водном растворе, из них около 8% частиц размером +35 меш и 25% - 400 меш. Содержание молибдена в питании 0,074%, и большая его часть содержится в шламе. Благодаря этому можно сократить количество перерабатываемой в химическом процессе руды на 1650 т. в день, отделяя частицы величиной около 400 меш. Начальное разделение песка и шлама осуществляется в циклонах, откуда песок направляется в истиратели, после чего опять извлекается шлам. Объединенный шламовый продукт, который состоит на 95% из частиц величиной 400 меш, сгущается и подается на гидрометаллургический передел.

Экстракция молибдена осуществляется смесью серной кислоты и сернистого ангидрида при атмосферном давлении. Высокая степень растворимости может быть достигнута при воздействии  $\text{SO}_2$  и пара, однако добавление кислоты ускоряет реакцию растворения и обеспечивает уровень pH, повышающий последующую адсорбцию молибдена древесным углем. Полагают, что в выщелоченном растворе молибден находится в виде "молибдена голубого", комплекса кислых коллоидов.

Водно-рудная масса выкачивается из смешивающего танка через спиральный теплообменник, где она получает тепло от хвостовой пульпы /рис.3./ и свободно вытекает под действием силы тяжести через пять агитационных чанов, с общим временем задержки в них 12 час. В первом агитационном чане в пульпу добавляются газообразный  $\text{SO}_2$  и концентрированная серная кислота с таким расчетом, чтобы довести pH до 1,2 и концентрацию  $\text{SO}_2$  до 10-12 г/л. В сосуд вводится пар, и температура пульпы достигает 60°C. В этих условиях растворяется 95% молибдена. Непрореагировавший  $\text{SO}_2$  удаляется из пульпы добавлением пара в условиях вакуума /давление 150 мм рт.ст./. Пульпа выпускается при температуре 60°C и содер-

жит менее 0,5г/л остатков  $SO_2$ .

После выщелачивания пульпа с 47% твердых частиц приводится в соприкосновение с активированным древесным углем в серии танков мягкой агитации в течении 12час. При расходе 48 кг на  $1м^3$  пульпы древесный уголь адсорбирует 96% "молибдена голубого" и других молибдатов.

Древесный уголь с адсорбированным молибденом на поверхности отделяется от пульпы на вибрационных решетках с отверстиями шириной 35 меш /размер частиц угля от -8 до +20 меш/. Затем древесный уголь обрабатывается воздушно-аммониевой смесью, благодаря чему адсорбированный молибден становится растворимым и смывается потоком воды высокой чистоты в специальных колоннах. Расход аммония 0,9 кг на 1 кг молибдена, при этом больше половины аммония в дальнейшем восстанавливается.

Освобожденный от молибдена древесный уголь промывается водой для удаления остатков аммония и поступает на регенерацию, которая осуществляется в многокамерочном горне, где уголь обрабатывается при температуре  $800^{\circ}C$  в присутствии сгорающих газов и пара.

Особые предосторожности требуются при транспортировке пульпы с древесным углем во избежание слипания и брикетирования частиц его. Здесь используются водное давление и перемещения диафрагмного типа, а центробежные насосы - только при направлении древесного угля в рудную пульпу.

Раствор, выходящий из колонны очищения угля, содержит 70 г/л молибдена в виде молибдата аммония, некоторое количество сульфатов и фосфатов других элементов и свободный аммоний. После удаления аммония раствор обрабатывается в испарителе-кристаллизаторе, где выделяются кристаллы парамолибдата аммония. Раствор, выходящий из испарителя-кристаллизатора, поступает на химическое осаждение молибдена при  $PH=5,0$  и очищение экстракцией /см.рис.3/. Кристаллы парамолибдата и молибден, осажденный химическим путем, кальцинируются при температуре  $756^{\circ}C$  в печи. Конечный продукт - молибдат кальция с содержанием молибдена 65%. Годовая продукция составляла 1360т молибдена по содержанию в конечном продукте [II] .

Извлечение окисленных форм молибдена сейчас наименее рентабельный способ получения этого металла, и поэтому в связи с

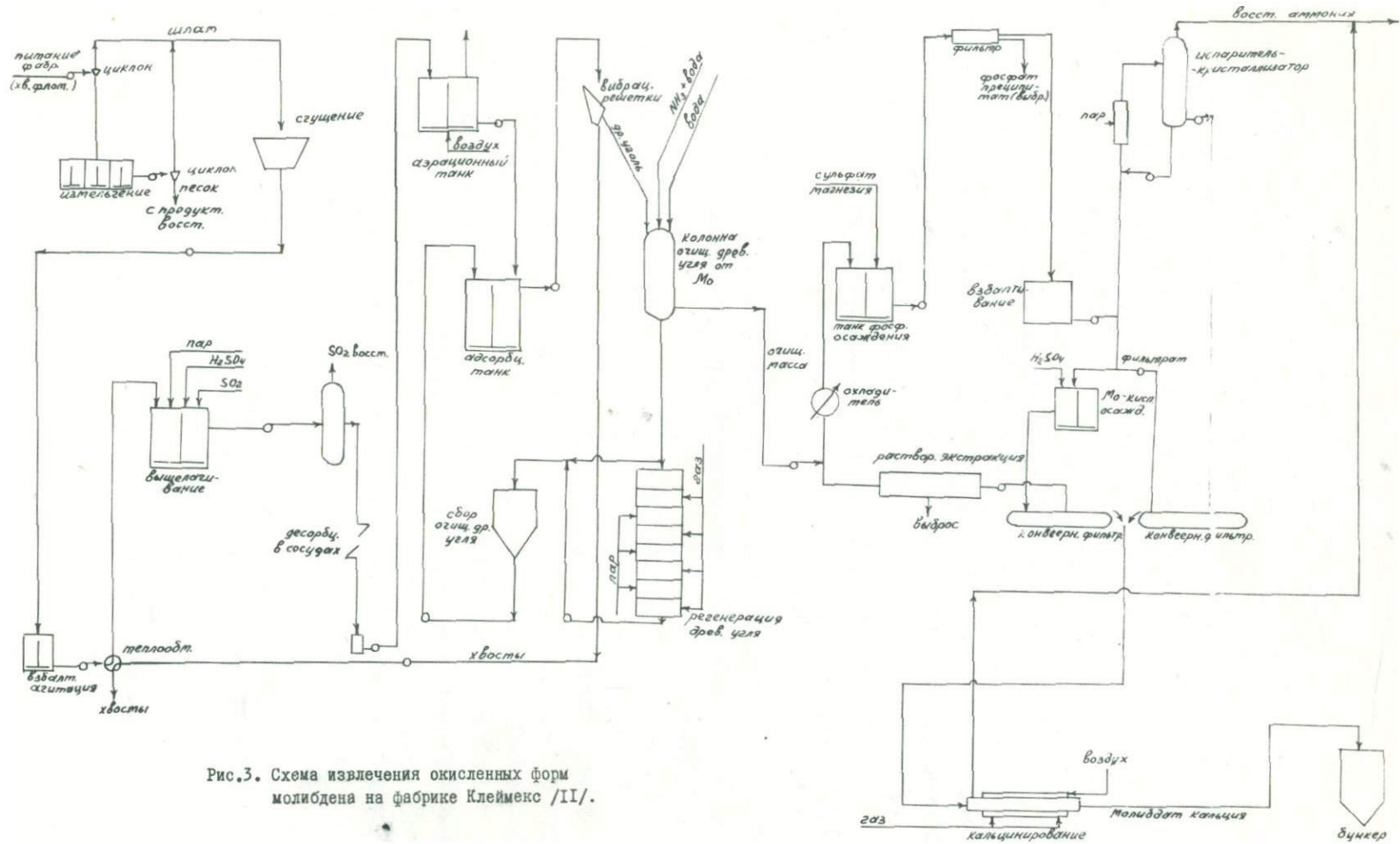


Рис.3. Схема извлечения окисленных форм молибдена на фабрике Клеймекс /II/.

изменением конъюнктуры и избытком предложения на рынке молибдена в 1968—69 гг. компания "Клаймакс Молибденум" прекратила производство на фабрике переработки окисленных руд [2]. Производственные мощности фабрики следует оценивать как резерв компании.

В 1967 году пущены в эксплуатацию рудник и обогатительная фабрика на месторождении Юрад, также расположенном в штате Колорадо. Строительство предприятия с суточной мощностью по добыче и переработке 5000 т руды осуществлено за три с половиной года. Стоимость строительства 25 млн. долларов. Предприятие в год производит 3100 т молибдена в концентрате.

Месторождение Юрад расположено во внешней западной зоне Колорадского рудного пояса на северном склоне горы Ред Маунтин. Верхние горизонты месторождения вскрыты эрозией, и молибденовое оруденение выходит на поверхность. Рудное тело располагается вблизи жерла ранее существовавшего вулкана, и происхождение месторождения связывают с поздними стадиями неогеновой вулканической деятельности.

Размеры рудного тела невелики: 360 м в длину, 120 м в ширину и 210 м в глубину. Запасы руды 12 млн. т, из которых рассчитывают извлечь 20,9 тыс. т молибдена. Оруденение прожилково-вкрапленное.

Основные работы по освоению были связаны с подготовкой подземной камеры для дробильного отделения. Для этого понадобилось 1,5 года и в окончательном виде камера имела следующие размеры: длина — 180 м, ширина — 11,9 м, высота — 17,1 м. В этой камере располагается отделение крупного дробления.

Очистные работы ведутся бурением вертикальных взрывных скважин и отрывом материала между ними при помощи взрывов. Руда поступает по наклонным выработкам в собирающие штреки и отсюда сваливается в рудоспуски. Рудоспуски направляют руду на промежуточные штреки сбора материала над бункером дробилки, откуда она поступает на дробление.

Дробление осуществляется в три стадии до размера 94 мм с проверочным грохочением после каждой стадии дробления. Дробление третьей ступени контролируется так, что мощность, передаваемая с мотора на дробилку, зависит от скорости движения ленты питающего конвейера и наоборот. Оператор устанавливает необходимую мощность, и в дальнейшем приборы контролируют ее. Операция шихтов-

ки и питание бункера дробилки контролируются при помощи дистанционного управления. Контроль осуществляется оператором из комнаты контроля с помощью внутренних телевизионных установок. Управление всем дробильным отделением осуществляется бригадой из трех человек в смену.

Измельчение руды, поступающей на фабрику по ленточному конвейеру из подземного дробильного отделения, происходит в двух шаровых мельницах размером 3,9х3,7м. Каждая мельница содержит 80 шаров диаметром 7,5см и вращается мотором мощностью 1000л.с.

Секция черновой флотации состоит из четырех линий 16-клеточных флотационных машин "Денвер" объемом 2832 см<sup>3</sup> каждая, действующих параллельно. Черновой концентрат подается в цикл до измельчения и перечистки. В секцию черновой флотации поступает в сутки 5000 т руды с содержанием 0,27 - 0,36% молибдена, выходит же отсюда 200т чернового концентрата с содержанием молибдена около 4,4%. Черновой концентрат подвергается 4-стадиальному доизмельчению и перечистке, после чего получается концентрат с содержанием 49% молибдена в количестве около 20 т в сутки.

Хвосты обогащения подаются на верхнее или нижнее хвостохранилище. Твердые частицы хвостовой пульпы здесь осаждаются, а вода вновь подается на фабрику для повторного использования.

Выше уровня фабрики построена специальная система для сбора и отвода от территории фабрики всех естественных водных потоков. Общая длина трубопроводов дренажной системы и системы кругооборота промышленной воды около 3,5 км.

В рудах месторождения содержится свинец, для удаления которого молибденовый концентрат уже после перечистки подвергается обработке горячим хлоридом железа. Затем следуют фильтрация под давлением и промывание фильтрата горячей водой.

На обогатительной фабрике также установлена система внутреннего телевидения. Контроль за производственным процессом сосредоточен в отдельном помещении, где установлены телевизионные мониторы и приборы контроля температуры и давления.

Месторождение расположено в живописной долине Гриик Криик, и обращают на себя внимание специальные меры предосторожности для сохранения природных красот местности. Сохранен естественный дренаж вокруг фабрики, использованная в промышленных целях вода не загрязняет реку, а через замкнутый кругооборот много -

кратно используется. Верхний резервуар системы промводоснабжения заселен форелью и открыт для рыбной ловли [30] .

По соседству с Юрадом находится крупнейшее месторождение Гендерсон, также принадлежащее компании "Клаймакс Молибденум". Оно расположено на значительной глубине, и разработка его связана с некоторыми трудностями, но уже пройдены две шахты, одна из них глубиной 750 м, и компания планирует начало добычных работ в середине 1970г. В строительстве подземного рудника с суточной мощностью по добыче 30000т руды вложено 50 млн.долларов. Предполагается, что предприятие в год будет производить 22600т молибдена в концентрате [38] .

"Клаймакс Молибденум Компани" перерабатывает концентраты на заводе в г.Лангелоте, штат Пенсильвания. Завод выпускает в год 22650 т брикетов молибдата кальция, окиси молибдена, молибдата аммония, ферромolibдена и металлического молибдена. Поступающий концентрат обжигается в многоподовых печах. Полученная техническая окись молибдена сублимируется и перерабатывается в молибдат аммония, из которого получают молибден в порошке.

Производство молибдена в слитках сконцентрировано на заводе компании в Колдуотере, штат Мичиган. Здесь молибдат аммония восстанавливается водородом в печах непрерывного действия до молибденового порошка, из которого получают слитки при дуговой плавке в условиях вакуума. Применение таких печей имело важные последствия. Долгое время использование молибдена в электронике, стекольной промышленности и ракетостроении тормозилось затруднениями в получении молибдена в слитках. Ныне это уже не представляет проблемы, так как в подобной печи можно получать слитки весом 1000-1500 кг и диаметром до 330 мм. Слитки легко подвергаются горячей штамповке, прокату на станах и ковке. Выпускаются они под маркой "Клаймент Молибден". Создание этой марки расширило возможности применения молибдена в электронной промышленности, производстве ракетных сопел, электродов, впаянных в стекло, и стойкого к коррозии оборудования. "Клаймент Молибден" используется в виде кованных заготовок, листовых полос, стержней, проволоки, дисков, листов, лент фольги и бесшовных труб.

Большое значение для добычи молибдена в США имеют медно - порфиновые месторождения, расположенные на Юго-Западе в штатах Аризона и Нью Мексико. Все они в тех или иных количествах содер-

жат молибден, но извлекается он из руд месторождений Сан Мануэль, Мишн, Эсперанца, Майами, Моренси, Минерал Парк, Инспирейши, Багдат, Рэй и Пайма. В 1969 и 1970 гг. начнется извлечение молибдена из руд месторождений Твинн Баттс и Сьерита-Дэвал.

В 1964 г. в штате Аризона было получено 2860 т молибдена в концентрате. В 1971 г., согласно планам увеличения производственных мощностей, продукция молибдена в концентрате возрастет более чем в четыре раза по сравнению с 1964 г и составит более 12000 т.

В настоящее время в меднорудной промышленности США наблюдается большое оживление, вызванное длительным превышением спроса над предложением на медном рынке и ростом военных заказов в связи с войной во Вьетнаме. Вьетнамская война по подсчетам американских ученых потребляет около 300000 т меди в год.

В 1967 г. производство меди в США упало из-за длительной забастовки на медных предприятиях. В 1968 г. засуха снизила выработку электроэнергии и производство меди в Чили. В это же время снизилось производство в Замбии из-за трудностей с топливом. Цены на медь оставались чрезвычайно высокими и менялись каждую неделю. В моменты острой нехватки некоторые потребители вынуждены были платить за медь по ценам, более чем в два раза превышающим нормальный уровень — 38—40 центов за фунт /860—880 долларов за 1 т /. Поэтому потребители ведут поиски заменителей меди. В США постоянно растет удельный вес использования алюминия в кабельной промышленности и строительстве. Предполагают, что в 1973 г. 40% электропроводки в строительстве будет выполнено из алюминия. Объявлено о создании нового нержавеющей стали сплава дважды более прочного, чем медь, с предполагаемой стоимостью 25 центов за фунт. Этот материал будет конкурировать с медью в водопроводных установках и предметах отделки. Ведутся исследования по замене меди пластиками. Несмотря на все это, как полагают, потребление меди в мирных целях будет расти, в частности, за счет использования меди в установках по опреснению морской воды, которые в 1979 г. будут потреблять более 70000 т меди в год или 10000 т на установку.

Будущее потребление меди во многом зависит от стабилизации предложения, и поэтому такие ведущие производители меди, как корпорации "Анаконда Коппер", "Кеннекотт Коппер", "Асарко"

и "Фелпс Додж" предпринимают крупные усилия для увеличения производства в США и в других странах. Капиталовложения в строительство новых предприятий и расширение действующих достигли рекордных цифр. За несколько лет этими корпорациями будет вложено в строительство более 1 млрд. долларов. Часть этих средств будет использована для увеличения попутной продукции молибдена.

Один из старейших рудников США рудник Инспирейшн в штате Аризона работает с 1915 г. До 1947 г. разработка велась подземным способом, позже перешли к открытой разработке. Производство молибденовых концентратов начато в 1958 г.

Месторождение расположено вблизи контакта гранитов Шульitze и докембрийских сланцев Пинал. Оруденение залегает в краевой фации гранитов, в кварцевых монзонитах и в сланцах Пинал. Тип оруденения прожилково-вкрапленный, многочисленные кварц-сульфидные прожилки секут рудное тело во всех направлениях. Основные первичные минералы-пирит, халькопирит и молибденит - обычно в небольших количествах присутствуют и в гранитах Шульitze. Вся рудная зона обогащена вторичным халькозином. Из других минералов меди присутствуют малахит, азурит, хризоколла, куприт и самородная медь [17].

В настоящее время добыча руды ведется с двух карьеров: Торнтон и Лив Оук; кроме того, извлечение меди из недр осуществляется методом кислотного выщелачивания в коренном залегании на участках, где ранее велась подземная отработка.

Производительность карьеров 17000 т руды в сутки. Отбойка горной массы ведется массовыми взрывами. При бурении скважин применяют шарошечные станки, установленные на тяжелых дизельных автомобилях. Диаметр скважин девять дюймов. Глубина скважин 16-17 м при высоте уступа 15 м. Данные по производительности бурения приведены в табл. 2 [17].

Производительность взрыва 312 т на 1 м скважины или 213 т на 1 кг взрывчатого вещества. В качестве взрывчатого вещества применяют нитрат аммония. Типичный взрыв включает 5-20 скважин.

Погрузка горной массы производится экскаваторами емкостью ковша 4-5 куб. ярдов /3,04-3,8м<sup>3</sup>/. Производительность погрузки в смену для 4-ярдовых экскаваторов - 5556 т, 5-ярдовых - 5691 т.

Транспортировка руды комбинированная. Часть добытой руды перевозится самосвалами до корпуса крупного дробления, а отту-

Таблица 2

Производительность бурения взрывных скважин  
на руднике Инспирейши по месяцам /1959г./

Месяц	Количество скважин	Пробурено метров	Количество смен	Метров в смену	Расход шарошек	Метров на шарошку
I	140	1958	20	97,8	4	488
II	79	1250	13	96,3	2	625
III	39	624	6	103,9	1	624
Итого и среднее	258	3832	39	98,2	7	547

Таблица 3

Производительность скреперов при различной  
длине пробега и перепадах высот точек погрузки  
и разгрузки [17].

Среднее расстояние в один конец, м	Перепад между точками погрузки и разгрузки, м	Перевезенный груз, т	Транспортировка груза за смену (в расчете) на скрепер	на все оборудование
68,6	на одном уровне	131300	2044	805
91,5	вверх 7,6	71800	1690	797
213,3	вниз 7,6	103300	1522	770
244,0	вверх 22,8	170100	1350	720
244,0	"-" 38,1	597000	1409	829
244,0	"-" 6,1	162700	1150	669
274,2	"-" 7,6	77300	1487	751
366,0	вниз 22,8	57500	1198	758
671,0	вверх 25,9	41100	898	581
702,0	вниз 48,8	774000	871	550
763,0	вверх 21,3	542300	845	575
792,0	"-" 21,3	63200	974	610
1220,0	"-" 18,3	17100	619	407

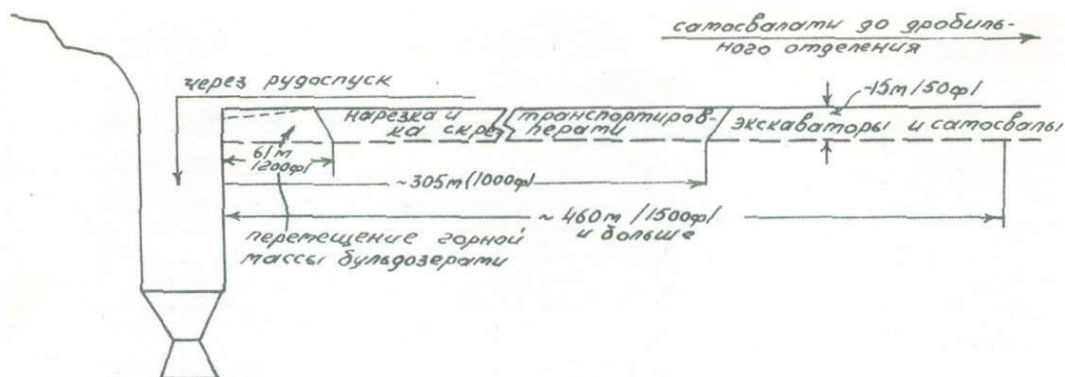


Рис. 4. Пределы применения различного транспортного оборудования на руднике Инспирейшн.

да в железнодорожных вагонах подается к обогатительной фабрике. Другая часть руды через рудоспуски поступает в бункера транспортной штольни и перевозится в вагонах непосредственно к дробильному отделению фабрики.

При транспортировке вскрышных пород, а в отдельных случаях и руды применяются скреперы емкостью 23 и 31 куб. ярдов /17,6 и 23,7/м<sup>3</sup>. При транспортировке грузов на небольшие расстояния

Таблица 4

Показатели работы самосвалов на руднике Инспирейшн.

	парк 2	парк 3	парк 4	парк 5	парк 6
Рабочих смен	615	1898	4375	809	436
Тонн за рейс	28	30,9	64,2	53,4	56,2
Тонн за смену	1446	1085	1137	1139	1230
Тоннокилометров	390100	1856500	5628000	1048700	524000
Километров в час	5,8	7,9	9,2	8,5	8,2
Полезное время, %	16	37,7	39,3	39,3	39,5

применение скреперов экономически более выгодно, чем применение экскаваторов и самосвалов [17]. При этом более оборотистые в работе скреперы с меньшей емкостью в среднем успевают выполнить на 10% больше рейсов, чем более крупные скреперы. С рос-

Таблица 5

Распределение дневного рабочего времени по видам работ в третьем квартале 1959г. на руднике Инспирейшн [17]

Виды работ	Распределение рабочего времени:	
	в человеко-сменах	в процентах
Транспортировка самосвалами	20,685	49,4
Шарошечное бурение	0,789	1,9
Перфораторное бурение и компрессор	0,076	0,2
Экскаваторы	5,170	12,4
Бульдозеры, грейдеры и т.д.	3,676	8,8
Обслуживание	3,988	9,6
Дробилка	0,604	1,4
Общерудничные работы	0,946	2,2
Мастерские	5,055	12,1
Прочее	0,826	2,0
Итого рабочего времени в день:	41,995	100,0

том длины пробега преимущество скреперов большей емкости также растет, при полной длине пробега 1500 м по горизонтальному унасту без подъема 31-ярдовый скрепер перевозит за смену 800 т, а 23-ярдовый - 640 т. Данные, характеризующие производительность скреперов при различной длине пробега и перепадах высот точек погрузки и разгрузки, приведены в табл. 3.

Два скрепера обслуживаются одним трактором-толкачом, при наличии же крутых подъемов в пути необходимы два толкача - по одному на каждый скрепер. Типичная операция скреперования сопровождается тремя тракторами, одним бульдозером и двумя скреперами. Бульдозер необходим в точке разгрузки для сбрасывания горной массы в рудоспуск. Два колесных трактора служат для транспортировки скреперного поезда, один трактор необходим для подталкивания скрепера в момент заполнения /можно использовать и бульдозер/. Бульдозеры и скреперы широко используются на руд-

нике Инспирейшн при транспортировке руды на расстояния до 310м, а также при нарезании новых уступов.

Самосвалы различной грузоподъемности на руднике Инспирейшн объединены в разные парки. Карьер обслуживают пять парков.

Суточная мощность по переработке обогатительной фабрики Инспирейшн - 15000т руды. Содержание меди в товарной руде, поступившей с карьера, около 1% с соотношением окисленной меди к сульфидной 4:6. Руда, поступившая после дробления на фабрику, вначале подвергается кислотному выщелачиванию для растворения окисленных форм меди. Хвосты выщелачивания высушиваются и подаются на флотационное обогащение. Извлечение меди в процессе флотации составляет 75%. Содержание меди в хвостах - 0,074%, из них 0,028% окисленной и 0,046% сульфидной. Годовая продукция медного концентрата 55083 т, или 10200 т меди в концентрате.

Медный концентрат поступает на молибденовую флотацию. На молибденовой обогатительной фабрике получают молибденовый концентрат с содержанием молибдена 56,7% и меди 0,396%. Содержание молибдена в медном концентрате, поступающем на молибденовую фабрику, 0,475%, а в хвостах молибденовой флотации 0,174%. При флотации 1т медного концентрата на молибденовой фабрике расходуется следующее количество реагентов: депрессоры меди и железа - 3,9 кг, цианид натрия - 1,1кг, керосин - 0,6 кг и алкоголь - вспениватель - 0,1 кг.

На месторождении Багдад также разрабатывается, в основном, зона вторичного сульфидного обогащения. Рудное тело представлено обогащенной халькозином зоной, залегающей в кварцевом монцоните-порфире. Последний прорывает толщу древних пород в виде неправильного штока длиной 2,1 км с востока на запад и шириной более 1 км с севера на юг. На юге кварцевый монцонит граничит с породами гранитного комплекса, на севере - с породами древнего комплекса, которые рассечены многочисленными дайками различного возраста и состава. Небольшое количество маломощных даек сечет и кварцевые монцонит-порфиры.

Рудное тело расположено по обе стороны крупного разлома северо-западного простирания, но оруденение преимущественно развито в висячем боку и представлено вкрапленностью пирита, халькопирита и молибденита в монцоните. В меньших количествах отмечаются также галенит, сфалерит, барит. Кварцево-сульфидные прожилки слабо развиты.

Таблица 6  
 Распределение эксплуатационных затрат по видам работ на руднике Инспирейши [17]

Наименование работ	Распределение затрат по видам работ:	
	открытые	открытые и подземные
Бурение взрывных скважин	3,35	2,80
Перфораторное бурение	0,29	0,24
Взрывание	3,63	3,05
Итого отбойка	7,27	6,09
Взрывание негабаритов	0,06	0,04
Погрузка горной массы экскаваторами	16,44	13,77
Транспортировка самосвалами	53,11	44,52
Уход за отвальным хозяйством	3,06	2,56
Прочее	15,28	12,81
Перемещение горной массы бульдозерами и скреперными поездами	4,67	3,93
Итого	99,89	83,71
Разведочное бурение	0,11	0,10
Подземный транспорт	-	16,19
Итого открытые работы	100,0	-
Итого по руднику	-	100,0

Зона окисления мощностью 107м содержит 0,44% меди. Зона вторичного сульфидного обогащения залегает под зоной окисления с пологим падением под углом 10-15° на СВ, мощность ее 38 м. Ниже под ними залегают сульфидные руды с низким содержанием меди /мощность 107м/. Рудное тело было покрыто конгломератами Джила, туфами и базальтами и вскрыто эрозией в центральной части.

Месторождение разведано скважинами ударного и алмазного бурения. Расстояние между скважинами 200 ф /61м/, участками сеть сгущена до 100 ф /30,4м/. Опробовался каждый 1,5 м интервал. Ком-

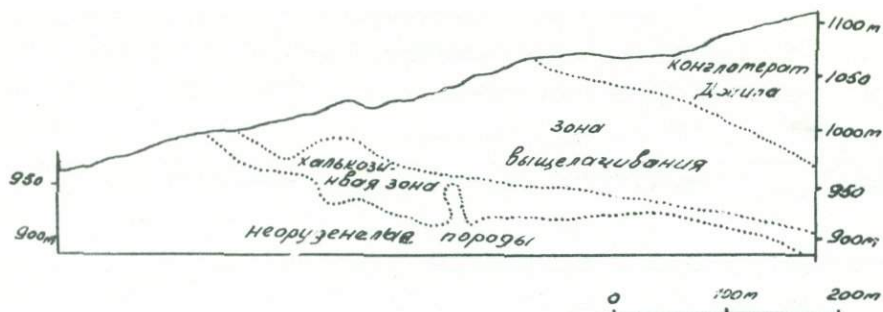


Рис. 5. Разрез через рудное тело месторождения Багдад.

плексный анализ на золото, серебро, молибден и другие компоненты проведен по отдельным пробам. При предельном содержании 0,5% меди запасы составляют 30 млн. т руды со средним содержанием 0,75% меди и 0,012% молибдена. При предельном содержании 0,15% запасы руд возрастают до 300 млн. т при коэффициенте вскрыши, равном 3,0 /в 1957 г. соотношение вскрыши к руде, по данным работы, равнялось 10:1 [18].

Месторождение отрабатывается открытыми работами с отбойкой пород буроварывными скважинами. Скважины бурятся на всю высоту уступа -50 ф /около 17 м/ по сети 3,7x3,7 м в крепких породах и 6,1x6,1 м в более мягких. Вес взрываваемой горной массы, приходящейся на метр взрывной скважины 950 т. Средний взрыв включает 30-35 скважин. Применяемое взрывчатое вещество - нитрат аммония и желатин динамит.

#### Таблица 7

Скорость бурения взрывных скважин по различным породам на руднике Багдад [18]

Породы	Скорость бурения, м за смену:	
	ударное бурение диаметр скважины 7д	шарошечное бурение, диаметр скважины 6 3/4д
Базальт	18,4	61
Конгломерат Джила	33,5	112
Монцонит зоны окисления	25,9	84
Монцонит свежий	15,2	49

Таблица 8  
Технико-экономические показатели бурения на  
руднике Багдад [18]

Тип бурения	Скорость бурения, за смену	Себестоимость бурения 1м скважины
Вращательное бурение:		
по руде	45,2	3,14 долларов
по вскрыше	100,0	1,44 —"
Ударное бурение:		
по руде	16,3	3,11 —"
по вскрыше	25,5	2,58 —"

Погрузка горной массы осуществляется экскаваторами с емкостью ковша 3-6 м<sup>3</sup> (табл.9).

Таблица 9  
Технико-экономические показатели погрузки горной  
массы экскаваторами на руднике Багдад [18]

Емкость ковша	Производительность т за смену	Себестоимость погрузки 1 т материала
2,8 м <sup>3</sup>	2422	
по руде	2422	0,10 долларов
по вскрыше	3084	0,08 —"
3,4 м <sup>3</sup>		
по руде	3212	0,07 —"
по вскрыше	4338	0,05 —"
4,6 м <sup>3</sup>		
по вскрыше	8204	0,02 —"
6,1 м <sup>3</sup>		
по вскрыше	9500	0,03 —"

Отбитая горная масса транспортируется самосвалами грузоподъемностью 30-60 т (табл.10).

Таблица 10

Производительность автомобильного транспорта и себестоимость пробега 1 т-км на руднике Багдад при средней длине пробега 0,59км /составлено по материалам Хардвика и Джонса/ [18] .

Грузоподъемность самосвалов	Тонн на километр	Тонн в час	Пробег в км на литр топлива	Полезное время, %	Себестоимость в долларах
30 т	19,2	136,1	0,22	77,1	0,04
40 т	29,4	161,7	0,18	71,8	0,04
40 т/на бутане/	25,4	137,3	0,09	-	0,03
50 т	35,1	202,8	0,17	73,7	0,09
Самосвалы с бокковым опрокидыванием/турнаркегы/:					
40т	23,4	122,2	0,13	11,4	0,26
50т	29,6	137,0	0,09	14,3	0,06
В среднем по карьереу	20,8	128,7	-	59,1	0,04

Дробление руды трехстадиальное до крупности 9,7 мм. Товарная руда, поступающая на обогатительную фабрику, содержит 0,8% общей меди со степенью окисления 14,5% и 0,015% молибдена. В конце 50-х годов мощность фабрики по переработке руды достигала 5000т в день. Позже мощность была увеличена до 10000 т руды в сутки и началось извлечение меди из окисленных руд, ранее складировавшихся.

Медный концентрат содержит 34% меди, 22% железа и 27% серы. Молибденовый концентрат содержит 56% молибдена и 0,5% меди. Извлечение общей меди на флотационной фабрике составляет 84,3% или 94,7% при расчете по сульфидной меди.

В штате Аризона находится один из крупнейших подземных рудников мира - рудник Сан Мануэль. Рудник Сан Мануэль был пущен в эксплуатацию в январе 1956 г. с суточной мощностью по добыче и переработке 33000 т руды, после 1962 г. мощность была

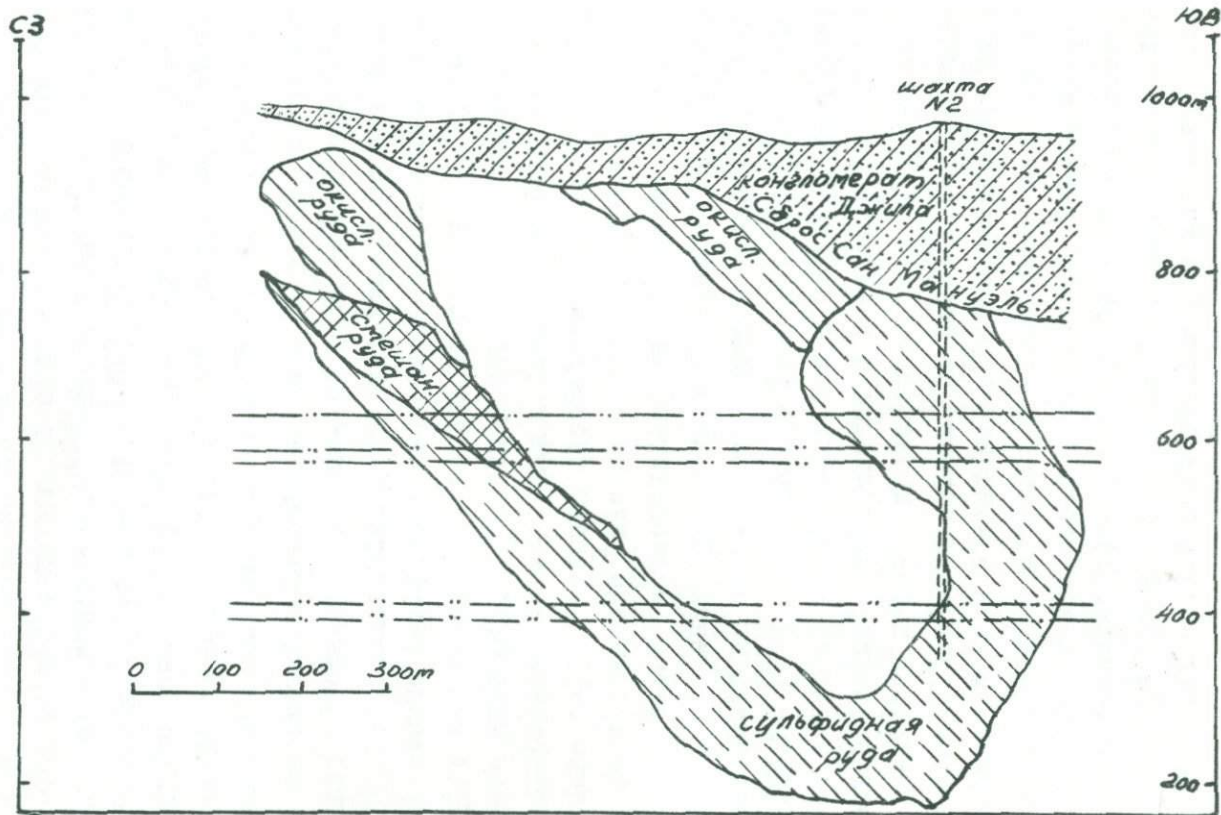


Рис.6. Рудное тело месторождения Сан Мануэль, поперечный разрез по направлению СЗ 46° /ЮВ/.

увеличена до 40000 т, сейчас ведутся работы по увеличению мощности до 60 тыс. т руды в день.

Простирание рудного тела месторождения - СВ 60°, длина /общая/ 2070 м и максимальная мощность 910 м. Рудовмещающие породы покрываются более молодыми конгломератами Джила, контакт между ними проходит по пологому разлому Сан Мануэль. Верхняя часть рудного тела подверглась эрозии, и медное оруденение окислено до хризоколлы. Зона окисления развита до глубины 120-450 м. Руда представляет собой вкрапленность халькопирита и молибденита в кварцевом монцоните. В значительно меньшей степени рудные минералы развиты в монцонит-порфире и диабазе. Интенсивность рудной минерализации зависит от степени гидротермального изменения вмещающих пород, выражающегося в серицитизации, пиритизации, окварцевании, хлоритизации и каолинизации. Основное промышленное значение имеет первичная сульфидная минерализация. Наиболее богатые руды отмечаются в участках преимущественного развития вертикальных структурных элементов широтного и меридианального направления. Сульфидное оруденение представлено пиритом, халькопиритом, молибденитом, халькозином. В зоне окисления развиты хризоколла, куприт и самородная медь.

По данным 1951 г. запасы сульфидной руды составляли 367 млн. т с содержанием меди 0,785% и окисленной руды 112 млн. т с содержанием меди 0,717%. Среднее содержание молибдена в руде - 0,02%, в небольших количествах имеются золото и серебро.

Месторождение разрабатывается системой блокового обрушения пород. Руда транспортируется в вагонах электровозами до устья шахтных стволов, откуда скиповыми подъемниками подается на поверхность. Дробление двухстадиальное - до крупности 16 мм.

Товарная руда содержит общей меди 0,762%, окисленной меди 0,046%, молибдена 0,011%, золота и серебра несколько граммов на тонну. В медном концентрате содержится 28% меди и 0,36% молибдена, а в хвостах - 0,107% меди и 0,002% молибдена. Извлечение меди 86% /92% сульфидной меди/, молибдена 79%, золота 77%, серебра 71%. При переработке 30000т руды в сутки фабрика потребляет 18,1 квт-ч электроэнергии на 1т руды. Расходуемые реагенты: "Минерек А" - 0,014 кг на 1 т переработанной руды, ксантат  $\Sigma$  -11-0,005 кг, вспениватель-метил изобутил карбинол - 0,022 кг и песок - 1,228 кг. Производительность при этом составляет 135т на человеко-смену.

Таблица II  
Структура себестоимости добычи и переработки руд  
на месторождении Багдад 18

Наименование работ	Удельный вес в себе- стоимости	Наименование работ	Удельный вес в себестои- мости
Горные работы:		Фабрика:	
Отбойка руды	7,13	Дробление и транспортиров- ка	7,78
Погрузка и транспор- тировка руды	8,60	Измельчение	9,17
Общерудничные расходы	2,32	Флотация	7,96
Разведочное бурение	2,04	Фильтрование	1,04
Вскрыша/полные рас- ходы на отбойку, транс- портировку и содержа- ние отвалов/	47,19	Секция флотации молибдена	1,57
		Содержание хвос- тового хозяйства	0,89
		Водоснабжение	1,10
		Общефабричные рас- ходы	4,21
Итого горные работы		Итого фабрика:	
67,28		32,72	
		ИТОГО:	100,00

Медный концентрат поступает на молибденовую секцию. Здесь получают черновой молибденовый концентрат, который затем подвергается четырехкратной перечистке. Содержание молибдена и меди по продуктам стадий флотации показано в табл. 12.

В последние годы на фабрике были проведены мероприятия, значительно повысившие извлечение молибдена. Для повышения извлечения в цикле медно-молибденовой флотации в качестве собирателя стали применять аллиловый эфир амилксантогеновой кислоты, благодаря чему извлечение поднялось на 10%. Для разделения меди и молибдена стали применять перекись водорода с одновременной подачей в цикл перемешивания медно-молибденового концентрата цианида натрия и цинкового купороса. Флотацию и перечистки чер-

Таблица 12

Данные анализа продуктов, различных стадий обогащения и перечистки на секции флотации молибдена фабрики Сан Мануэль [10]

Стадии флотации	С о д е р ж а н и е, %				Концентрат	
	Питание Мо	Си	Хвосты Мо	Си	Мо	Си
Черновой концентрат	0,33	27,13	0,04	24,80	0,86	32,05
Первая перечистка	-	-	0,22	31,90	2,64	32,85
Вторая --"	-	-	0,17	33,40	4,34	32,25
Третья --"	-	-	0,78	33,70	11,19	27,95
Четвертая --"	-	-	0,75	33,90	-	-
Конечный продукт	-	-	-	-	56,9	0,85
Хвосты	-	-	0,12	27,62	-	-

нового концентрата проводят с дозировкой ферроцианида и феррицианида натрия, гипохлорита и аполярного масла. Все эти мероприятия повысили извлечение молибдена до 86% [6].

Руды меднопорфировых месторождений Юго-Запада США неоднородны по своему вещественному составу и содержанию полезных компонентов, что и определяет разнообразие общих схем и технологических режимов переработки руд. На одних месторождениях важное значение имеет зона окисления /Инспирейши/, на других - зона вторичного сульфидного обогащения или участки силикатных руд /Рэй/, но для всех месторождений характерна высокая степень извлечения полезных компонентов как из недр, так и при флотационном обогащении и кислотном выщелачивании окисленных и силикатных руд. При флотационном обогащении меднопорфировых руд вначале осуществляется совместная флотация медных минералов и молибденита. Из этого первичного концентрата затем извлекают молибденит, а хвосты молибденовой флотации после стужения и высушивания представляют собой конечный продукт - медный концентрат с содержанием меди 24-29%. Коллективную флотацию осуществляют слабыми реагентами - собирателями: этиловым ксантогенатом, этиловым аэрофлотом, изопропиловым ксантогенатом, минерекком [6]. На 1т перерабатываемой руды расходуется 10-30г собирателей.

В качестве вспенивателей все обогатительные фабрики применяют спиртовые вспениватели—метилизобутилкарбинол, Доуфрос-250, расходуя II-30г на I т.

При разделении молибденита и минералов меди на ряде фабрик применяют пропарку в известковой среде. На фабрике Моренси в пульпу добавляют известковое молоко и сгущают до 30% твердого вещества. Сгущенный продукт подается в контактный чан и в течение двух часов перемешивается с известью для улучшения депрессии пирита. После этого пульпа пропаривается острым паром в двух последовательно установленных чанах. При этом происходит окисление всех сульфидов, кроме молибденита. Перед основной флотацией пульпу охлаждают, полученный после нее концентрат доизмельчают и подвергают перемешиванию в несколько стадий [5]. В цикле перемешивания применяют специальный реагент, регулятор пенообразования, состоящий из 60% керосина и полигликолей [6].

Процесс разделения минералов меди и молибденита с применением декстрина для депрессии молибденита принят на обогатительных фабриках Сильвер Белл, Артур и Магна.

Продукт, поступающий на молибденовую секцию фабрики Сильвер Белл и содержащий 30% меди и 0,8% молибдена, обрабатывают с добавлением декстрина и извести. После флотации медных минералов хвосты, содержащие основное количество молибденита, обжигают в многоподовых печах для окисления оставшихся минералов меди. Продукт обжига разбавляют водой, перемешивают с добавлением реагентов и флотируют [5].

В США проводились исследования по использованию гидрометаллургического метода переработки бедных медно-молибденовых концентратов без предварительного разделения меди и молибдена методом флотации. Из 36%-ного молибденового концентрата, полученного флотационным обогащением и обработанного 3%-ным раствором натриевого гипохлорита, при температуре 27° путем ионного обмена извлекалось свыше 99% молибденита. Этот метод позволял также извлекать рений, золото и серебро [5]. При этом процессе предполагаемые издержки производства ниже, чем при флотации, тем не менее о широком промышленном применении этого метода пока нет данных.

Согласно проектам корпорации "Анаконда", в 1969 г. должна начаться добыча и переработка руд на месторождении Твинн Баттс в штате Аризона. По первоначальному проекту мощность первой оче-

Таблица 13

Некоторые показатели работы медно-молибденовых  
обогащительных фабрик [5;6;25;27]

Фабрика	Суточная мощность по переработке, т	Содержание металлов в то- варной руде, %:		Извлече- ние мо- либдена, %	Производ- ство молиб- дена в кон- центрате в год, т
		Mo	Си		
<b>С Ш А:</b>					
Моренси	52000	0,015	0,69	67,2	1250
Чино	22000	0,02	0,88	70,0	640
Сан Мануэль	40000	0,021	0,85	78,8	2200
Эсперанца	12000	0,02	0,75	80,0	650
Инспирейши	20000	0,02	0,89	72,0	1000
Багдад	10000	0,015	0,8	-	120
Сильвер Белл	9000	0,03	0,9	-	500
<b>К а н а д а:</b>					
Ветлехем	12000	0,05	0,6	65,0	-
Гаспе	9900	0,02	1,2	50,0	-
<b>Ч и л и:</b>					
Эль Тенниенте	36000	0,06	1,95	50,0	1769
Чукикамата	100000	0,03	1,40	72,0	2400
Эдь Сальвадор	30000	0,04	1,80	80,0	1580
<b>П е р у:</b>					
Токэпала	36000	0,04	1,51	70,0	1490

реди предприятия должна была составить 30-40 тыс. т руды в сут-ки. Согласно более поздним сообщениям, мощность предприятия составит 60 тыс. т добычи и переработки. Предполагалось, что при суточной мощности 40 тыс. т годовая продукция меди составит 57 тыс.т, а молибдена - 1100 т металла в концентрате.

Рудное тело с содержанием меди 0,5-0,7% и 0,01% молибдена покрыто толщей аллювиальных отложений мощностью 140м. Для вскрытия рудного тела необходимо было переместить 55 млн. т горной массы, т.е. 220 тыс.т в день. Для этого использовалось шесть экскаваторов с емкостью ковша 15 куб.ярдов /11,4 м<sup>3</sup>/ и само-свалы грузоподъемностью 100 т. Вскрыша перевозилась за преде-

лы будущего карьера к вместительным бункерам, откуда горная масса транспортировалась дальше ленточным конвейером. Другая часть вскрыши перемещалась скреперами и скреперными поездами, объединяющими два или три скрепера.

Понадобился флот в 52 скрепера, из которых 30 тандемов с мощностью мотора двигателя 900 л.с., способных за один раз захватить 70-75 т горной массы. Заполнение одного тандема происходило за 1-1,5 мин. В качестве толкачей использовались тракторы мощностью 358 л.с. Скреперы работали при уклонах поверхности 8-12° и перемещали горную массу к бункерам питания наклонного ленточного конвейера, от которого в свою очередь питался ленточный конвейер длиной 2,5 км.

Общая длина конвейерной системы на месторождении Твинн Баттс 15,2 км. Один из участков конвейера установлен при уклоне 25°. Использовалась лента с каркасом стального плетения шириной 1,5 м. Производительность конвейера 12 тыс. т в час [16]. Для подготовки фронта работ для скреперов понадобилось переместить около 15% всего объема вскрыши.

Для снабжения конвейерной системы и будущей обогатительной фабрики электроэнергией установлено шесть турбин мощностью 12 тыс. л.с. В качестве топлива используется природный газ [12].

В том же штате Аризона "Дьювал Корпорейшн" ведет работы по освоению месторождения Сьерита-Дьювал. Запасы месторождения оцениваются в 450 млн. т руды при содержании меди 0,3% и молибдена 0,028%. Месторождение будет обрабатываться открытыми горными работами при мощности будущего предприятия 60 тыс. т руды в сутки. Ожидаемое годовое производство меди - 59 тыс. т, молибдена - 5,4 тыс. т. Кроме того, попутно будет извлекаться некоторое количество серебра [39]. Капитановложения в строительство рудника и обогатительной фабрики /медеплавильного завода/ составят 151 млн. долларов. Большая часть этих средств поступит в виде государственных субсидий под будущие поставки меди.

В штате Нью Мексико из года в год растут мощности по добыче и переработке на месторождении Квеста. В 1968 г. при суточной мощности по переработке около 28 тыс. т было получено 4540 т молибдена в концентрате. Содержание в товарной руде при этом составляло 0,16%, а извлечение - 88%. В 1969 г. суточная переработка руды составит 25 тыс. т.

Длительные геохимические исследования и буровые работы на молибденоносной площади в районе Сьерра Бланка привели к значительному успеху. "Биар Криик Майнинг Ко" объявила об открытии крупного месторождения с богатыми рудами. Несмотря на то, что разведка месторождения еще не завершена, уже вложены значительные средства в строительство дороги, способной удовлетворить будущие потребности строительства предприятия и эксплуатации.

В Канаде за последние пять лет производство молибдена сильно возросло и с 1965 г. является вторым по величине в капиталистическом мире. В 1967 г. в Канаде было получено 9,7 тыс. т молибдена, в основном в виде молибденового концентрата.

Ведущее положение в канадском производстве молибдена принадлежит предприятию, базирующемуся на месторождении Эндако. В 1967 г. производство этого металла здесь составило 2,5 тыс. т молибдена в концентрате и 2,0 тыс. т молибдена в виде окиси. Дальнейшие планы предполагают увеличение продукции до 5,5 тыс. т металла. Мощность предприятия по добыче и переработке составляет свыше 25 тыс. т руды в сутки. Извлечение при содержании молибдена в товарной руде 0,14% достигает 90%.

Первая очередь обогатительной фабрики вступила в строй в мае 1965 г. и имела мощность по переработке 8,7 тыс. т в сутки. К январю 1966 г. перерабатывалось уже 11,7 тыс. т с содержанием 0,267% молибдена [9]. Предполагалось, что к концу 1967 г. мощность возрастет до 22 тыс. т, но в декабре 1967 г. суточная переработка составила 25 400 т руды. Увеличения продукции молибдена в концентрате не произошло, так как содержание в товарной руде было снижено почти вдвое.

Эксплуатационные издержки добычи и переработки 1 т руды составляли 1,86 канадских долларов. Себестоимость 1 т концентрата составляла приблизительно 1100-1200 долларов.<sup>1</sup>

В 1967 г. началось производство молибденовых концентратов на месторождении Алис Арм. Здесь перерабатывается 6 тыс. т руды. В первый год работы обогатительной фабрики извлечение молибденита в концентрат составило 86% вместо ожидаемых 88-90%. Годовая продукция молибдена в концентрате 2300 т.

<sup>1</sup> Эксплуатационные издержки по добыче и переработке руды и себестоимости 1 т концентрата рассчитаны по данным о годовых издержках производства, административных расходах и амортизации, опубликованным в Канадском горном справочнике за 1967-68 г. [9].

Таблица 14

Расход реагентов на медно-молибденовых фабриках США, Канады, Чили и Перу, 2/м [6]

Фабрика	Собиратели	Вспениватели	Цианид	Известь	Другие реагенты
1	2	3	4	5	6
Моренси	Аэрофлот 208-14	50	Ферроцианид-440 Цианид-270	1620	
Сан Мануэль	Минерек-90 Меркаптобен- зотиазол-70	Метилизобутил- карбинол-27	Ферроцианид-670	1400	Гипохлорит натрия- -7000 Серная кислота -6000
Эсперанца	Этиловый и амиловый ксан- тогенат-25	Гексиловый спирт-50	Ферроцианид-25	1730	
Бетлехем	Аллиловый ксантогенат- -200-11,5	Синтетический спиртовый вспе- ниватель-12		640	
Гаспе	Аллиловый или изопропиловый ксантогенат- -22,5 Нефтяное масло- -3300 Синтекс -Л-5	Сосновое масло- 22,5 или спиртовый вспе- ниватель "ВНВ"	610	55	Жидкое стекло Бихро- мат натр-140
Чукикамата	Аэрофлот 238- -25; Изопропи- ловый ксанто- генат-23	Доуфрос 250-25	Цианид-750	1870	Реагент Нокэс-4500
Эль Сальва- дор	Аллиловый ксан- тогенат-200-10, Изопропиловый ксантогенат-30	Сосновое мас- ло-25		2500	Реагент Нокэс- -4500-6000
Токэпала		Метил изобутил- карбинол-3-20 Сосновое масло- -2-10 Минаральное масло-40-175	1000-1790		Гипохлорит натрия- 640-1770 Ферроцианид- -1130-2450 Цинковый купорос- -145-315 Серная кислота- 100-2450 Жидкое стекло- -10-60

Таблица 15

Некоторые показатели молибденовых обогатительных фабрик США и Канады

Фабрика	Суточная мощность по переработке, т	Содержание в товарной руде, %	Извлечение, %	Производство молибдена в концентрате, т
Клаймакс:				
сульфидная руда	42000	0,21	92	23000
окисленная руда	5700	0,14	91	1400
Квеста	25000	0,16	88	4500
Эндако	25000	0,14	90	4500
Алис Арм	6000	-	86	2300
Босс Маунтин	1000	0,40	95	1420
Ред Маунтин	438	0,43	88	344

Для молибденовых обогатительных фабрик Канады, как и для фабрик США, характерно трехстадиальное дробление до конечной крупности частиц 10 мм. Высокая флотационная способность молибденита используется для осуществления флотационного обогащения при крупном первичном измельчении руды. Это позволяет выделить 96% отвальных хвостов и снизить расход электроэнергии.

Черновые молибденовые концентраты, содержащие 8-10% молибденита, подвергаются доизмельчению до 90-95% минус 325 меш и стадийной перечистке. При доизмельчении часто применяется галечное измельчение при крупности гальки 50-70 мм.

Для эффективной флотации крупных сростков молибденита применяются специальные реагенты - нефтяные масла, содержащие парафин. Для пенообразования используют сульфированный моноглицерин "Арктик Синтекс Л.". Для депрессии остальных минералов, в частности пирита, применяют реагент "Нокэс", продукт взаимодействия едкого натра и пентасернистого фосфора. Флотацию осуществляют на пневмомеханических флотомашинах [6].

Методы обогащения медно-молибденовых руд в Канаде в целом аналогичны методам, применяемым в США.

В 1969 г. предполагается получить первую продукцию концентрата из руд месторождения Пичланд /Бренда/. Стоимость строи-

тельства рудника открытых работ и обогатительной фабрики мощностью 24 тыс. т суточной переработки руды - 60 млн. канадских долларов. Открытым способом будет отработано 100 млн. т руды с содержанием меди 0,19% и молибдена 0,087%. При предполагаемом извлечении молибдена 82% и меди 90% продукция молибдена в концентрате составит около 2900 т [39].

"Лорнекс Майнинг Корпорейшн" осваивает месторождение в Гайланд Вэлли. Капиталовложения составят 120 млн. канадских долларов. Для вскрытия рудного тела предстоит переместить 22 млн. м<sup>3</sup> вскрыши /с содержанием меди меньше 0,26%/ . Суточная мощность 34500 т руды. Срок существования предприятия 21 год, срок окупаемости капиталовложений 9 лет. Годовая продукция медного концентрата - 147 тыс. т, молибдена в концентрате - 2100 т [28].

Закончены технологические исследования руд месторождения Гаймонт, расположенного неподалеку от Гайланд Вэлли. Предполагается, что извлечение меди в 25%-ный медный концентрат составит 87%, а молибдена в 55%-ный молибденовый концентрат - 80% [27].

В Ч и л и в 1967 г. было произведено 5,7 тыс. т молибдена в концентрате, из них 43,0% было получено из руд месторождения Чукикамата, 30% - Эль Тенниенте, 27% - Эль Сальвадор. Длительная засуха лета 1968 г. несколько снизила и попутное производство молибдена в стране, хотя крупнейшие предприятия, в частности Эль Тенниенте, предприняли меры для ликвидации ее последствий (на Эль Тенниенте было установлено десять небольших дизельных генераторов). Рудники Чукикамата и Эль Сальвадор от засухи не пострадали, так как они обслуживаются тепловой электростанцией [25].

На месторождении Эль Тенниенте предполагается расширение производства меди, на что ассигновано 230 млн. долларов, при этом значительно возрастет и производство молибдена. Предполагают, что в 1970 г. производство молибдена в концентрате по сравнению с 1967 г. возрастет вдвое [39].

Таким образом, если все планы горнодобывающих компаний по расширению производственных мощностей в США, Канаде и Чили осуществятся, то к концу 1971 г. суммарные мощности капиталистических стран по производству молибдена в концентрате возрастут до 90 - 100 тыс. т.

Производство молибдена в концентрате контролируют несколько крупнейших американских компаний, которым принадлежат боль-

шинство месторождений и предприятий на них в США, Канаде и Чили.

В Чили рудники Чукикамата и Эль Сальвадор принадлежат "Анаконде", а Эль Тенниенте на 51%-правительству и на 49%-"Кеннекотт Коппер". Внутри США подавляющая часть молибдена производится на предприятиях "Клаймакс Молибденум Компани", "Кеннекотт Коппер", "Анаконда", "Американ Смелтинг энд Рифайнинг Компани", "Молибденум Корпорейшн оф Америка, Лтд.", "Фелпс Додж" и "Дьювал Корпорейшн".

Таблица 16

Удельный вес крупнейших компаний в производстве молибдена /по производственным мощностям/

Компании и корпорации	Удельный вес, % от производства капиталистических стран.
Клаймакс Молибденум Компани	47
Кеннекотт Коппер Корпорейшн	19
Молибденум Корпорейшн оф Америка, Лтд.	8

Около 57% молибдена в капиталистических странах извлекается из руд, добытых подземным способом, и в ближайшем будущем влияние подземной отработки на добычу молибдена сохранится на том же уровне. При подземных работах на всех рудниках применяют систему блокового обрушения пород, обеспечивающую высокую производительность очистных работ. Система постоянно совершенствуется и появляются новые ее разновидности. Особенно много в этом направлении работают исследовательские центры "Клаймакс Молибденум Компани", на рудниках которой применяют только подземный способ отработки. Согласно заявлениям руководителей "Американ Метал Клаймакс" [21], корпорации, куда входит эта компания, в настоящее время система, применяемая на руднике Клаймакс, наиболее высокопроизводительная /здесь для обрушения горной массы в блоках используется боковое давление/, и в дальнейшем компания не намерена отказаться от подземной отработки.

Меднопорфировые месторождения США и молибденовые и медно-молибденовые месторождения Канады в большинстве обрабатываются открытым способом. На открытых разработках увеличивается количество добытой и транспортируемой горной массы. Полагают, что в 1969-70г.г. начнется применение экскаваторов с емкостью ковша

20-30 куб. ярдов /15,2-22,8 м<sup>3</sup>/. На рудниках в настоящее время уже применяются экскаваторы с емкостью ковша 15 куб. ярдов /11,4 м<sup>3</sup>/ и самосвалы грузоподъемностью 110-100 т, но если сейчас они применяются по вскрыше, то в скором времени они заменят 6-8 кубовые экскаваторы и самосвалы грузоподъемностью 40-65 т, применяемые в настоящее время на руде. В 1968 г. фирма "Лектра Хоул" выпустила первые образцы самосвала М-200 грузоподъемностью 200 т. Дизельная установка самосвала мощностью 1650 л.с. вырабатывает электроэнергию, которая передается к электромоторам, приводящим самосвал в движение. Первые шесть таких самосвалов были заказаны одной угледобывающей компанией, но следует ожидать, что в ближайшие годы такие самосвалы будут применяться и при вскрышных работах на рудных месторождениях.

При транспортировке на длинные расстояния все больше применяются автомобильные поезда с общим управлением состава. Такие поезда составляют конкуренцию железнодорожной откатке.

Большое распространение получили колесные погрузчики с фронтальной погрузкой горной массы. Погрузчики, имеющие мощность 300-700 л.с., могут погрузить за один раз до 22,5 т. В настоящее время разрабатываются погрузчики мощностью 1000 л.с., способные погрузить за один раз 32,5 т. Себестоимость погрузки фронтальными погрузчиками более высока, чем при экскаваторной погрузке, но благодаря их маневренности они применяются при очистных работах вблизи контактов рудного тела и при малом фронте работ. Некоторые сопоставительные данные работы фронтального погрузчика и экскаватора приведены в табл. 17 и 18.

Таблицы не отражают полностью все необходимые для характеристики экскаваторов и погрузчиков моменты. Экскаваторы более неприхотливы в работе и безопасны, лучше смешивают погружаемый материал, могут сбрасывать груз на разных уровнях и пр.

Хорошие результаты при ведении вскрышных работ дает применение скреперов. Лучшей иллюстрацией этому является их применение на месторождении Твинн Баттс. При проектировании рассматривались варианты отработки вскрыши экскаваторами и самосвалами, фронтальными погрузчиками и тележками с донным опрокидыванием груза и скреперами. Как известно, окончательно был выбран вариант скреперной отработки вскрыши. В последнее время стали применять скреперы для селективной отработки пластообразных рудных тел и пологозалегавших рудных линз.

Таблица I7

Сравнение себестоимости погрузки экскаватором и фронтальным погрузчиком в благоприятных условиях очистных работ [15]

	10-ярдовый экскаватор /7,6 м <sup>3</sup> /	5-ярдовый погрузчик /3,8 м <sup>3</sup> /
Себестоимость часа работы	28,90 дол.	42,85 дол.
Очистка тракторами и бульдозерами	8,50 "-"	15,00 "-"
	37,40 дол.	57,85 дол.
Погрузка в тоннах в час	700	740
Себестоимость погрузки I т горной массы	5,34 центов	7,8 центов

Таблица I8

Сравнение себестоимости погрузки экскаватором и фронтальным погрузчиком в неблагоприятных условиях [15].

	10-ярдовый экскаватор /7,6 м <sup>3</sup> /	5-ярдовый погрузчик /3,8 м <sup>3</sup> /
Себестоимость часа работы	34,24 дол.	42,85 дол.
Трактор	15,00 "-"	
Бульдозеры /2/	-	30,00 "-"
	49,24 дол.	72,85 дол.
Тонн в час	677	740
Себестоимость погрузки I т горной массы	7,2 центов	9,8 центов

## 2.2. Производство молибденовой продукции

Почти весь молибденовый концентрат обжигается в печах с получением технической окиси молибдена, которая является основным сырьевым продуктом для получения всех соединений молибдена. Техническая окись содержит в значительном количестве остатки посторонних примесей, которые присутствуют и в молибденовом концентрате. Она может употребляться для получения сталей с молибденом или может быть очищена.

Один из способов получения очищенной окиси молибдена заключается в обжиге технической окиси в печах при температуре около  $1000^{\circ}\text{C}$ , при этом часть очищенной окиси ложится тонким слоем на под печи, а другая часть, которая улетучивается с парами других соединений, задерживается фильтрами и конденсируется. Полученная таким путем окись молибдена содержит около 0,5% посторонних примесей. Другой способ заключается в химическом воздействии на техническую окись молибдена с получением молибдата аммония, который в свою очередь окисляется вновь.

Из окиси молибдена водородным восстановлением получают молибденовый порошок, который употребляют в порошковой металлургии для получения слитков молибдена и как легирующий элемент для получения сплавов, стойких против коррозии и в химически агрессивных средах и сопротивляющихся явлениям ползучести при высоких температурах.

Ферромolibден получают путем восстановления в электропечи или алюмосиликатнотермическим восстановлением. Американские ферромolibдены содержат 55-70% молибдена, европейские - 60-75%. В зависимости от способа получения ферромolibден содержит от 0,1 до 2,0% углерода /полученный в электропечах ферромolibден содержит больше углерода/. Кроме того, в ферромolibдене присутствуют: кремний - 1,0-1,5%, фосфор - 0,05-0,1%, сера - 0,05-0,25%, кальций - 0,5-1,0% [29].

В США большая часть молибдена поступает на рынок в виде окиси молибдена и, в несколько меньшем количестве, в виде ферромolibдена и молибденового порошка /табл. 19/.

Таблица 19  
Производство молибденовой продукции по видам  
в С Ш А

Вид продукции	Г о д ы		
	1965	1966	1967
Окись молибдена	71,7	69,7	70,4
Молибденовый порошок	3,6	4,0	2,0
Молибдат аммония	1,1	0,8	1,0
Молибдат натрия	1,0	0,9	1,4
Ферромолибден, молибденит и прочие	22,6	24,6	25,2
	100,0	100,0	100,0

Производственные мощности по выпуску окиси молибдена в США оцениваются в 35-40 тыс.т, по выпуску ферромолибдена - 10 тыс.т. Соединенные Штаты экспортируют 45% своей продукции молибдена.

В Канаде производство молибдена сосредоточено в провинциях Британская Колумбия и Квебек. Фабрика обжига концентратов "Молибденум Корпорейшн оф Канада, Лтд." в Ланкорне (Квебек) перерабатывала в 1966 г. 900 кг концентрата в день. В 1967 г. пожар вывел из строя обогатительную фабрику и фабрику обжига концентратов. Восстановительные работы были начаты сразу, и имеются сведения, что в процессе их производственные мощности будут увеличены.

В районе озера Прейссак окись молибдена производят "Прейссак Молибденит Майнс, Лтд." и "Англо-Американ Молибденит Майнинг Корпорейшн". В Мардочвилле, неподалеку от озера Прейссак, "Гаспе Коппер Майнс, Лтд.", получает в год 220 т молибдена в виде окиси.

Мощная фабрика обжига концентратов в Фрезер Лейк (Британская Колумбия), принадлежащая "Эндако Майнс", производит в день 10 т молибдена в окиси.

Обжигом концентратов и производством ферромолибдена занимается также компания "Мастерлой Продактс Лимитед", имеющая фабрику по обжигу концентратов в Дюпарквете /Квебек/ и завод по производству ферромолибдена вблизи Оттавы /Онтарио/. Завод производит 88 т ферромолибдена в год.

Потребление молибдена в Канаде невелико - 600-800 т в год, и почти вся продукция экспортируется в страны Западной Европы и в Японию. Вместе с этим Канада ввозит окись молибдена и ферромолибден из США - по содержанию молибдена 500-600 т. В 1967 г. экспорт Канады составил 10,8 тыс. т /вес брутто/ молибдена в руде и концентрате. Основные покупатели канадского молибдена: Англия - 2,97 тыс. т, Япония - 2,64 тыс. т, Голландия - 1,59 тыс. т, ФРГ - 930 т, Франция - 830 т, США - 615 т, Италия - 358 т, Бельгия - 318 т, а также Швеция, Австралия, Чехословакия и другие страны. Импорт из Соединенных Штатов составил: оксида - 206 т, ферромолибдена - 137 т. Около 560 т молибдена было потреблено промышленностью сплавов, 5 т - электронной промышленностью и около 10 т - другими потребителями. Канадские специалисты полагают, что в ближайшие годы в стране увеличатся темпы роста производства оксида и другой продукции, а также темпы роста потребления молибдена.

Значительными мощностями по производству молибденовой продукции обладают страны Западной Европы и Япония. Не имея собственных источников сырья, эти страны ввозят молибден из США, Канады и Чили, в основном в виде молибденового концентрата или окиси молибдена. Суммарные производственные мощности по производству ферромолибдена стран Западной Европы и Японии превышают 25 тыс. т. ФРГ и Франция являются крупнейшими экспортерами ферромолибдена, на их долю приходится более половины мирового экспорта этого продукта.

Большой рост импорта молибденовых концентратов в Голландию /в 1967 г. в Голландию было ввезено свыше 1,5 тыс. т молибдена в концентрате/ объясняется тем, что здесь американская "Клаймакс Молибденум Компани" построила предприятие по обжигу молибденовых концентратов. Продукция окиси молибдена отсюда поступает в страны Западной Европы.

В Японии начинается строительство крупной фабрики, конечной продукцией которой будет окись молибдена, молибдат кальция,

молибденовый порошок. Внутренняя продукция молибденовой руды в Японии чрезвычайно мала, и страна зависит от импорта окиси молибдена, 50-60% этого импорта поступает от "Клаймакс Молибденум Компани" и 30-35% от "Эндако Майнз" /Канада/, остальное ввозится из Южной Кореи и Чили. Импортные цены на окись молибдена подвержены значительным колебаниям в зависимости от картины спроса и предложения на рынках США и Канады и причиняют значительные неудобства потребителям в Японии. В то же время Япония обладает большим флотом крупнотоннажных судов, стоимость перевозки груза которыми низка. Учитывая это, японские производители ферромолибдена считают более выгодным покупать в США и Канаде концентрат и различные промышленные продукты и перевозить их морским путем в Японию. В 1968 г. было рассмотрено, а позже и принято предложение АМАКС о строительстве фабрики производительностью 9000 т молибдена в год по содержанию в конечном продукте. Капиталовложения в строительство составят 4,5 млн. долларов. Компания "Клаймакс Молибденум" предполагала большую часть расходов взять на себя, а также обеспечить поставку половины требуемой руды в настоящее время и с учетом роста производства - в будущем [26].

### 2. 3. Потребление молибдена

Больше половины мирового производства молибденовых продуктов потребляется Соединенными Штатами Америки (табл.20). Хотя удельный вес потребления США в мировом потреблении молибдена постоянно снижается за счет роста его в других странах, тем не менее в 1967 г. промышленности США понадобилось 25,9 тыс. т молибдена или 51% от общей потребности.

На долю остальных стран приходится почти 25,0 тыс. т металла. Среди них важнейшим потребителем является Япония, потребляющая в год около 10 тыс. т молибдена. Внутренний спрос на молибден в Японии в среднем растет на 10-15% в год, и опережает средне-годовые темпы роста мирового потребления на 7%. Остальные 15 тыс. т потребляются, в основном, в ФРГ, Англии, Франции и Швеции. Во Франции в конце 50-х и в начале 60-х годов среднегодовой рост потребления молибдена составлял 25%, в ФРГ и Англии темпы роста значительно ниже [29].

Основным потребителем молибдена является промышленность сплавов. Почти все легированные стали содержат в тех или иных

количествах молибден. В конструкционных сталях молибден улучшает прочность и ковкость, в нержавеющей сталях повышает сопротивляемость коррозии, в жаростойких сталях — сопротивляемость ползучести, в инструментальных сталях с молибденом повышается прочность и твердость при высоких температурах.

Таблица 20  
Структура потребления молибдена в США в 1966-1967 г. г.,  
% 39

	Г о д ы	
	1966	1967
<b>Стальная промышленность:</b>		
быстрорежущая сталь	6,98	6,18
стальные сплавы	57,93	54,77
инструментальная сталь	2,44	2,20
<b>И т о г о стальная промышленность</b>	<b>67,35</b>	<b>63,15</b>
Серое и ковкое литье	6,54	6,09
Валки прокатных станков	4,62	2,78
Сварочные электроды	0,59	0,58
Высокотемпературные сплавы	5,86	8,18
Молибденовая проволока, пруты, листы и т.д.	4,73	3,19
<b>Химическая промышленность:</b>		
Катализаторы	3,76	3,33
пигменты и другие красители	2,02	1,68
Магниты и другие специальные сплавы, смазочные материалы и др.	4,53	7,78
Неучтенное потребление	-	3,33
<b>И т о г о</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Главными потребителями молибдена являются конструкционные стали, которые в основном потребляются автомобильной промышленностью, а также станкостроением, тракторостроением и производством авиационных моторов.

В быстрорежущих сталях сплавы с молибденом имеют ту же твердость после разогрева, что и вольфрамовые, но их сопротивление удару выше. В инструментальных сталях добавки молибдена придают большую твердость и сопротивляемость в больших сечениях, большую стабильность размеров при нагревании и закаливании, лучшую сопротивляемость абразивному износу. Хромомолибденовые и никельхромомолибденовые нержавеющие стали используются в химически агрессивных средах: в присутствии серной кислоты, органических кислот, солей галогенов, в морской воде.

Широко распространено легирование чугуна молибденом, который уменьшает размер зерен серого чугуна, повышает его литейные свойства и износостойчивость, улучшает механические свойства чугуна, улучшает прокаливаемость и облегчает шлифование изделий [29].

Молибден применяется в производстве электрических контактных сплавов; такие контакты имеют большую тугоплавкость, твердость, электропроводность, чем аналогичные, выполненные из платиновых сплавов [5].

Молибденовые сплавы с ванадием и вольфрамом применяются при изготовлении наконечников для пуансонов, которыми прошивают заготовки труб. Такие наконечники позволяют прошивать трубы длиной до 3,5 м и служат дольше, чем стальные.

Сплав железа с хромом, никелем, кремнием, марганцем, медью и молибденом применяется для изготовления корпусов и деталей насосов, работающих на высоких скоростях и в условиях, связанных с повышенной коррозией, износом и эрозией. Кроме того, этот сплав служит для изготовления емкостей для отбеливающих растворов в текстильной промышленности, автоклавов и дезинтеграторов [5].

Хороший эффект дает использование сплавов с молибденом при изготовлении деталей, работающих в условиях высоких температур, например деталей турбореактивных двигателей. Потребность в таких сплавах для изготовления деталей турбин, генераторов электрического тока, ядерных реакторов и сверхзвуковых самолетов

непрерывно возрастает.

Сплавы на базе молибдена сохраняют прочность при очень высоких температурах, в этих случаях добавки в небольших количествах к молибдену титана, циркония, рения, ванадия и ниобия еще больше повышают жаропрочность, улучшают механические свойства и пластичность сплавов. Кроме того, введение некоторых редких элементов в сплавы предохраняют их от окисления, так как металлический молибден при температурах выше 500 °С очень быстро окисляется на воздухе или при наличии окисляющих агентов и требует специальных предохраняющих покрытий поверхности [29]. Эти свойства в тех или иных пределах обычно передаются и сплавам на базе молибдена.

Наиболее распространенными сплавами молибдена являются сплав с 30% вольфрама и сплав ТМ /титан, цирконий и молибден/. Последний сплав хорошо сопротивляется воздействию расплавленного цинка и используется в металлургии цветных металлов.

В последние годы растет значение ультрапрочных сплавов, имеющих площадное сопротивление до 210 кг/мм<sup>2</sup>. Такие сплавы применяются в сверхзвуковой авиации и ракетостроении. Средний состав их: 18% никеля, 7,5% кобальта, 5% молибдена и 1% титана. Среди этих сплавов особое внимание уделяется марэйджинговым сталям, так как горячая обработка их сравнительно проста /используется преципитатная закалка/.

Среди новых областей применения молибдена следует отметить замену углеродистых сталей в металлоконструкциях и в машиностроении сталями с более высокой сопротивляемостью, содержащими молибден, а также применение марганцовистых сталей с молибденом для изготовления деталей горнодобывающих машин, что сильно повышает сопротивление их абразивному износу [29].

Металлический молибден применяют при изготовлении ламп накаливания /спирали/, в высокотемпературных нагревателях, сеток радиоламп, деталей рентгеновских трубок, высоковакуумных усилителей, выпрямителей высокого напряжения и газоразрядных трубок. Лотки из молибдена используются для прокаливания небольших порций материала в высокотемпературных печах в радиоэлектронной промышленности. В электровакуумной промышленности кроме металлического молибдена используются и сплавы с молибденом, кобальтом, никелем и другими цветными металлами.

Молибден распыленный, по поверхности деталей из стали, никеля, чугуна, марганца и алюминия, обеспечивает прочную сцепляемость и хорошо сопротивляется износу при трении о бронзу, благодаря чему применяется при изготовлении основы подшипников. Кроме того, в США распыленным молибденом восстанавливают изношенные детали машин [5] .

В химической промышленности молибден применяется при изготовлении пигментов и других красителей. Молибденовые краски имеют красивый блеск и очень стойки. В процессах гидрирования углей и нефти применяют молибденовые катализаторы, последние также применяются при реакциях окисления и полимеризации.

Бориды, карбиды и силициды молибдена широко используются благодаря своей жаростойкости, сопротивляемости коррозии и твердости.

На базе молибденита изготавливаются смазочные средства, эффективные в широком температурном диапазоне. Сульфид молибдена может применяться как сухая смазка, наносимая: в качестве покрытия на трущиеся поверхности; в виде слоя органического или силикатного лака; либо с помощью введения в обожженные металлы.

В биологических процессах молибден участвует в усвоении растениями азота, усиливает усвоение фосфора и кальция. Удобрения с молибденом используют для стимулирования роста персиковых и лимонных деревьев.

В последние годы растет применение молибдена в атомной промышленности. Здесь молибден используется при изготовлении деталей активной зоны реактора трубок, оболочек, контейнеров и т.д. Кроме того, молибден применяется в качестве горючего, один из типов реакторов, применяет в качестве горючего сплав 70% урана, 20% плутония и 10% молибдена [29] .

Около 68% потребления США составляет молибден в виде оксида, затем следует ферромolibден - 22%, молибденовый порошок - 5%. В промышленности стали и сплавов в США в основном потребляют молибден в виде оксида, в странах Европы выше потребление ферромolibдена. В химии и сельском хозяйстве употребляют молибдаты аммония, кальция и натрия. В качестве смазочных веществ употребляют чистый сульфид молибдена или молибденитовый концентрат.

ЛИТЕРАТУРА  
ко II части

1. Н.А.Быховер. Экономика минерального сырья, "Недра", Москва, 1967 г.
2. Бюллетень иностранной коммерческой информации, Москва, 1968-69 годы.
3. Вэнь Гуан. Молибденовые месторождения Китая, Рукопись, Пекин 1958 г.
4. Косов Б.М. Остроменцкий Н.М. Геолого-экономическая характеристика основных месторождений полезных ископаемых Чили, ОНТИ ВИЭМС серия I6, Москва 1968 г.
5. Малышева Л.Г. Молибденовая промышленность капиталистических стран, ЦНИИ Цветмет, Москва 1964 г.
6. Новые материалы о производстве молибдена за рубежом. Рукопись Цветметпроект, Москва 1969 г.
7. Хрущов Н.А. Молибден, "Госгеолтехиздат", Москва 1961г.
8. Хрущов Н.А. Молибденовые месторождения капиталистических стран, часть I- Месторождение Клаймакс, Рукопись ВИМС, Москва 1958 г.
9. "Canadian Mines Handbook 1967-68" Toronto 1967
10. Dale V.B. Mining Milling and smelting methods, San Manuel Copper Corp., Pinal County, Ariz." USBM inf. circular N 8104 1962.
11. Description of the process at Climax new molybdenum oxide plant., Editorial Mines Magazine" Denver N 2 1967.
12. "Engineering and Mining Journal" vol. I68 N 10 1967
13.     "-        "-        "-        "-        vol. I69 N 2 1968
14.     "-        "-        "-        "-        vol. I69 N 3 1968
15.     "-        "-        "-        "-        vol. I69 N 6 1968
16.     "-        "-        "-        "-        vol. I69 N 8 1968
17. Hardwick W.R. Mining methods and costs, Inspiration Consolidates Copper Co. open-pit mine, Gila County, Ariz. USBM inf. circular N 8154 1963.
18. Hardwick W.R. Jones E.L. Open-pit copper mining methods and costs at the Bagdad Copper Corp., Yavapai County,

- Ariz. USBM inf. circular N 7929 1959
19. Holliday R.W. Molybden "Mineral facts and problems"  
Bul. 630 New York 1965
  20. Mayers D. Molybden "Eng. and Min. Journal" vol. I70 N 3  
1969
  21. "The Mines Magazine" N 2 Denver 1967
  22. "Minerals Yearbook 1965" New York 1966
  23. "Mining Engineering" N IO 1967
  24. "Mining Journal" vol. 270 N 6929 1968
  25.    "-        "-        vol. 27I N 6938 1968
  26.    "-        "-        vol. 27I N 6940 1968
  27.    "-        "-        vol. 27I N 694I 1968
  28.    "-        "-        vol. 27I N 6953 1968
  29. Le Molybdene -un metal universel: la production, les  
applications, son approvisionnement, "Anales des mines"  
N 5 1966
  30. New Urad mine Climax, Editorial, "Eng. and Min. Journal"  
vol. I68 N IO 1967
  31. Schneider V.B. Molybden "Canadian Minerals Yearbook"  
Toronto 1965
  32. Sawyer H.A. Molybden "Western Miner" vol. 40 N 3 1967
  33. Sawyer H.A. Molybden "Eng. and Min. Journal" vol. I69  
N 3 1968
  34. "Statistical Summary of Mineral Industry" London 1966
  35. Vanderwilt J.W. King B.U. Geologie of Climax ore body  
"Mining and metallurgy congress" vol. 27 N 474 1946
  36. "Western Miner" vol. 40 N 3 1967
  37.    "-        "-        vol. 40 N 4 1967
  38.    "-        "-        vol. 40 N IO 1967
  39. Wigle G. P. Molybden "Canadian Minerals Yearbook 1967",  
Toronto, 1968

# О Г Л А В Л Е Н И Е

стр.

Введение .....		3
ЧАСТЬ I. МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПРЕДПРИЯТИЯ СССР .....		9
I. Промышленные типы месторождений молибдена в СССР и их роль в производстве металла в концентрате.....		9
I.1. Горнообогатительные предприятия СССР .....		12
I.2. Техничко-экономические показатели предприятий .....		21
I.3. Добыча и транспортировка руды.....		21
I.4. Переработка и извлечение молибдена из руд .....		25
I.5. Капиталовложения в строительство молибденовых предприятий .....		30
Литература к I части .....		35
ЧАСТЬ II. СЫРЬЕВАЯ БАЗА И ПРОИЗВОДСТВО МОЛИБДЕНА ЗА РУБЕЖОМ.....		37
I. Сырьевая база .....		37
2. Производство молибденовой продукции за рубежом .....		42
2.1. Добыча и переработка руды, производство молибденовых концентратов .....		42
2.2. Производство молибденовой продукции .....		77
2.3. Потребление молибдена .....		80
Литература ко II части .....		85

Редактор А.Арабян

Заказ-наряд №1/539

Тираж 20 экз.

Лаборатория оперативной полиграфии  
АрмНИИНТИ

5479