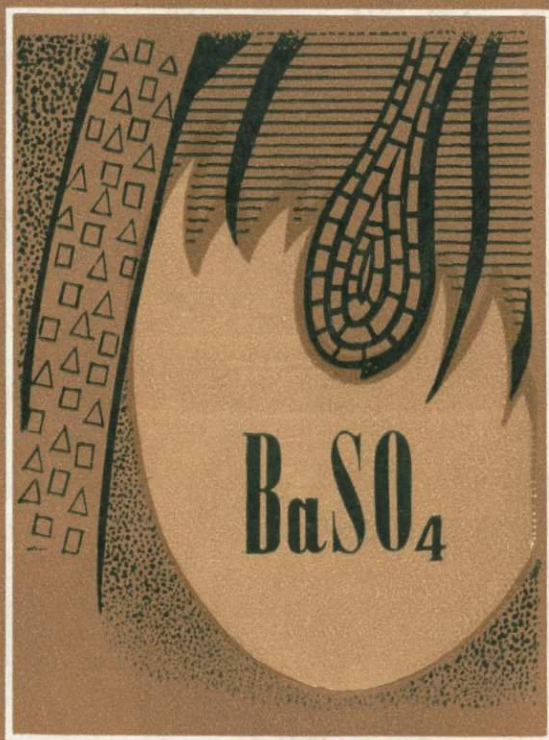


А.К.САВЕЛЬЕВ

# ГЕОЛОГИЯ БАРИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



А. К. САВЕЛЬЕВ

553.49

ГЕОЛОГИЯ  
БАРИТОВЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

2327



МОСКВА «НЕДРА» 1978



Савельев А. К. Геология баритовых месторождений. М., «Недра», 1978. 190 с.

Барит является одним из тех полезных ископаемых, использование которых быстро расширяется во многих отраслях народного хозяйства. В работе он охарактеризован как самостоятельное или попутное полезное ископаемое, имеющее свои специфические особенности накопления в промышленных месторождениях разного типа, а также как важный минеральный индикатор при поисках и оценке месторождений других полезных ископаемых (Cu, Pb, Zn, Au, Hg, CaF<sub>2</sub> и др.).

Книга является первой сводкой по геологии баритовых месторождений. В ней приводится описание наиболее характерных промышленно-генетических типов баритовых месторождений, предлагается новая генетическая и промышленная классификация их, рассматриваются закономерности размещения и перспективы освоения месторождений и направления дальнейших работ на барит.

Книга рассчитана на геологов и горняков, может быть использована также работниками химической и других отраслей промышленности.

Табл. 16, ил. 4, список лит. — 75 назв.

Барит — один из видов полезных ископаемых, использование которых быстро расширяется во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства. Он принадлежит к числу довольно распространенных в земной коре минеральных образований, накапливавшихся в собственно баритовых (эндогенных и экзогенных) и комплексных (колчеданных, полиметаллических, золоторудных и др.) месторождениях, в которых запасы его нередко весьма значительные.

В настоящее время конечным продуктом горнодобывающей промышленности является концентрат барита, реже относительно мало распространенного в природе виверита. Из других барийсодержащих минералов потенциальными источниками барита являются санборнит и баритоцелестин.

До середины XIX в. барит не находил промышленного применения, хотя и накапливался в хвостах переработки баритоносных руд на золото, редкие металлы, медь, свинец, цинк и другие металлы. Зарождение баритовой промышленности относится к 80-м годам XIX столетия, когда барит стал использоваться в химической и лакокрасочной промышленности. Первыми начали его добычу США, Германия и Англия. В этих странах в 1880 г. было добыто около 50 тыс. т товарного барита. Затем барит стали добывать Бельгия (с 1890 г.), Франция и Канада (с 1895 г.) и Испания (с 1896 г.).

В XX в. появляются новые отрасли потребления барита: нефтяная, резиновая, кожевенная, бумажная, стекольная, текстильная, военная и пищевая промышленности, а также цветная и черная металлургия, медицина, производство синтетических и строительных материалов и др. Интенсивность его добычи растет. В 1913 г. в мире было добыто 0,5 млн. т барита, при этом почти половина в Германии. Во время империалистической войны 1914—1918 гг. добыча барита в Германии, Франции и Бельгии заметно снизилась. Центр добычи переместился из Европы в США, которые к 1918 г. заняли первое место по уровню его добычи (140 тыс. т) и потребления (более 200 тыс. т.).

В России добыча барита началась в конце XIX столетия и достигла в 1906 г. 4,5 тыс. т. Перед империалистической войной она снизилась до 1,85 тыс. т (в Грузии 0,86 тыс. т и Азербайджане 0,99 тыс. т). Первые десятилетия после Октябрьской революции

барит добывался в небольших количествах из собственно баритовых руд на Северном Кавказе (Алык-Башинское, Индышское, Джаланкольское месторождения), в Грузии (Гведское, Жанетское и др.), на севере страны (Оленеостровское). Заметный рост добычи барита начался с 1934 г. попутно с развитием химической, газовой и нефтедобывающей промышленности. Перед началом Великой Отечественной войны в стране добывалось 120—150 тыс. т товарного барита из собственно баритовых месторождений. В 1942 г. барит впервые стал извлекаться попутно при переработке сульфидно-баритовых руд.

Особенно бурно баритовая промышленность в СССР и других странах начала развиваться после 1955 г. В настоящее время добыча барита производится более чем в 40 странах и за последние 20 лет увеличилась более чем в 3 раза (в СССР в 2 раза), превысив 4,5 млн. т товарного барита в год. Основные сырьевые ресурсы, а также и добыча барита в настоящее время сосредоточены в двух странах — США и СССР. Начиная с 1971 г. СССР по запасам баритовых руд (и погашению их в недрах) занимает ведущее место, а по потреблению баритовых концентратов — второе после США.

Использование барита и виверита в современных отраслях промышленности основано на следующих их технологических свойствах: высокой плотности, белом цвете, химической инертности и способности поглощать рентгеновские лучи. В мире насчитывается более 2000 различных процессов материального производства, в которых применяются барит или соединения бария. Потребление барита в последние годы резко растет и расширяются области его применения. Две трети добываемого барита используются нефтяной и газовой промышленностью при бурении глубоких и сверхглубоких скважин. И все же мировые потребности в барите этих отраслей удовлетворяются всего лишь на 50%. Остальная потребность в нем нефтедобывающих стран покрывается за счет заменителей его и регенерации барита из отработанных буровых растворов.

Одним из наиболее характерных показателей технического прогресса во всех странах мира, несомненно, является быстрое развитие нефтедобывающей, газовой, химической и строительной отраслей промышленности, в которых барит потребляется в значительных количествах. Замена природного барита другими материалами (известняк, гематит, пирит и др.) при бурении скважин в экономическом отношении пока невыгодна.

Мировая добыча нефти с 1950 по 1974 г. увеличилась с 521 млн. т до 2760 млн. т. Из года в год высокими темпами развивается добыча нефти в Советском Союзе; с 1950 по 1974 г. она увеличилась примерно в 12 раз и достигла в 1974 г. 459 млн. т. В «Основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 гг.», утвержденных на XXV съезде КПСС, к концу пятилетки намечается довести добычу нефти, включая газа и конденсата, до 620—640 млн. т.

Достигнутые в Советском Союзе объемы производства баритового концентрата пока не обеспечивают потребностей нефтедобывающей и газовой промышленности в баритовом концентрате, которые к 1975 г. достигли 2090 тыс. т (по сравнению с 1970 г. увеличились в 2 раза). Нефтедобывающая промышленность свою потребность в барите удовлетворяет на 40—50%, остальная потребность в утяжелителе покрывается за счет высококачественных железных руд. Также быстро растет потребность в барите и химической промышленности: в 1975 г. составила 405 тыс. т. Отечественным баритом она удовлетворяется лишь на 30—40%, недостающее количество ввозится из-за границы.

При современном уровне добычи и потребления барита разработка собственно баритовых месторождений (обычно мелких и средних по запасам) нерентабельна по сравнению с попутным получением баритовых концентратов из комплексных медноколчеданных и полиметаллических месторождений (обычно крупных и уникальных по запасам барита).

Тенденция развития баритовой промышленности в большинстве стран прежде всего направлена на:

1) освоение крупных и уникальных по запасам барита комплексных (колчеданных, полиметаллических, карбонатитовых, флюоритовых и др.) месторождений;

2) разведку и переоценку техногенных месторождений — отвалов и хвостов приисков, рудников и обогатительных фабрик, в которых барит за многие годы эксплуатации комплексных месторождений скопился в существенных масштабах и промышленных концентрациях;

3) регенерацию барита из отработанных буровых растворов;

4) производство и применение новых искусственных заменителей барита.

В Советском Союзе в основном развивается первое направление.

## ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОХИМИИ БАРИЯ

В природе барий распространен достаточно широко и входит в состав большого числа минералов. Он сопутствует многим рудным скоплениям, встречается в различных минеральных ассоциациях. Однако по содержанию бария промышленное значение имеют только два минерала — сульфат бария — барит  $\text{BaSO}_4$  и существенно уступающий ему по распространенности карбонат бария — витерит  $\text{BaCO}_3$ . В последнее время как на возможные источники извлечения бария стали обращать внимание еще на два минерала: баритоцелестин  $\text{BaSr}(\text{SO}_4)_2$ , содержащий до 30% бария, и санборнит  $\text{BaSi}_2\text{O}_5$ , включающий до 50% бария.

Барит и витерит по физическим свойствам — цвету, твердости, удельному весу — весьма сходны, но по химическим свойствам резко различаются.

Барит характеризуется повышенной плотностью (4,2—4,7 г/см<sup>3</sup>) и является самым распространенным среди сернокислых соединений бария, стронция и свинца. Химический состав барита:  $\text{BaO}$  65,7%,  $\text{SO}_3$  34,3%; постоянные изоморфные примеси стронций и кальций. Разновидность с высоким содержанием стронция (до 30%) называется баритоцелестином. Из других примесей в барите обычно присутствуют  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , глинистые, органические и прочие механические включения. Изучение состава газовой-жидких включений в баритах из собственно баритовых и барит-полиметаллических месторождений Советского Союза и ряда зарубежных стран показало, что основными компонентами их во всех случаях являются  $\text{Cl}^-$  (5—90 г/л),  $\text{Ca}^{2+}$  (0,5—55 г/л),  $\text{Na}^+$  (1,5—34,5 г/л). В значительных количествах отмечаются  $\text{HCO}_3^-$  (до 30 г/л),  $\text{K}^+$  (до 18,5 г/л),  $\text{Al}^{3+}$  (до 10 г/л) и  $\text{CO}_2$  (от 0,5 до 30%). Концентрация  $\text{H}_2\text{S}$  в баритах собственно баритовых месторождений, как правило, незначительная (менее 0,02%), но в баритах полиметаллических месторождений она иногда достигает 3%. В некоторых баритах отмечаются примеси свинца и радия, и тогда их называют хокутолитом.

Барит образует кристаллические формы, скрытокристаллические агрегаты, натечные образования (в виде сталактитов) с концентрически зональным строением или шаровидные и эллипсоидные конкреции с радиально-лучистым строением. Сингония кристаллов ромбическая, обычная форма ромбодипирамидальная.

Облик кристаллов чаще всего таблитчатый вследствие развития граней  $\{010\}$ , реже призматический, столбчатый с габитусными гранями призм  $\{011\}$  или  $\{110\}$  в комбинации с  $\{010\}$ . Двойники редки, как правило по  $(201)$  и  $(011)$ .

Цвет баритов разный. Бесцветные, водянопрозрачные кристаллы встречаются редко, обычно в пустотах гидротермальных жил. Чаще они посторонними примесями окрашены в серый (микроскопические включения газов и жидкостей), красный (окислы железа), желтый или бурый (гидроокислы железа), темно-серый и черный (примеси битумов), редко голубоватый, зеленоватый и другой цвет. Блеск кристаллов стеклянный, на плоскостях спайности  $(010)$  перламутровый.

Кристаллы барита практически не растворимы в воде: даже при  $100^\circ\text{C}$  растворимость всего лишь  $3,9$  мг/л. Он не растворяется также в  $\text{HCl}$ , даже при нагревании. В концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  барит в порошкообразном состоянии медленно растворяется, а от прибавления воды раствор мутнеет, так как снова выделяется  $\text{BaSO}_4$ . Искусственно барит легко получается при реакции растворимых солей  $\text{BaCl}_2$  или  $\text{Ba}(\text{HCO}_3)_2$  с сульфатом щелочей или серной кислотой. В результате реакции обменного разложения  $\text{BaSO}_4$  образуется также при взаимодействии бикарбоната бария с ангидритом в присутствии  $\text{CO}_2$ .

Установлено, что степень взаимодействия барита с растворами  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaHCO}_3$  и смесью хлоридов  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$  и  $\text{Ca}$  увеличивается с ростом температуры и концентрации растворов. При этом при взаимодействии барита с раствором  $\text{NaHCO}_3$  происходит замещение его витеритом, а присутствие углекислоты и увеличение ее парциального давления подавляет этот процесс.

Витерит имеет следующий химический состав:  $\text{BaO}$  77,7%;  $\text{CO}_2$  22,3%, иногда содержит стронций. В отличие от барита он редко образует самостоятельные месторождения, обычно встречается вместе с баритом и, как правило, отлагается позднее барита, образуя псевдоморфозы по нему. Во многих месторождениях установлено замещение барита витеритом.

Сингония витерита также ромбическая, форма кристаллов ромбодипирамидальная. При температуре  $811^\circ\text{C}$  он переходит в гексагональную, а при  $982^\circ\text{C}$  в кубическую модификации, которые неизвестны в природе. Минерал обычно бесцветный или белый, иногда окрашен в сероватые или желтоватые тона. Блеск стеклянный, в изломе жирный. Твердость 3—3,5, хрупок. Плотность  $4,2$ — $4,3$  г/см<sup>3</sup>. Плавится при температуре  $1740^\circ\text{C}$ . Растворимость в воде (с образованием бикарбоната) сравнительно высокая: при температуре  $18^\circ\text{C}$  и  $p_{\text{CO}_2} = 1$  кгс/см<sup>2</sup> она равна  $2700$  мг/л (в 2,5 раза больше, чем у кальцита).

Витеритовая пыль отравляюще действует на человека. Искусственно витерит легко получается кристаллизацией из растворов при прибавлении углекислых щелочей по реакции обменного разложения  $\text{BaO}$  или  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  во влажном воздухе, поглощая из него  $\text{CO}_2$ , образует витерит. Минерал является ценным сырьем для

химической промышленности, но так как он в природе распространен гораздо меньше барита, то уступает последнему по значению в баритовой промышленности.

Условия образования барита в природе разнообразны. При благоприятных физико-химических и геологических условиях он образуется как при эндогенных, так и при экзогенных процессах. Как элемент барий был открыт шведским химиком Шееле в форме окиси бария (BaO) в марганцевом минерале пиролюзите. В периодической таблице Д. И. Менделеева барий входит во II группу элементов, в 6-й период. Порядковый номер его 56, относительная атомная масса 137,34. В свободном виде барий представляет собой мягкий серебристо-белый металл. Содержание его в земной коре (А. П. Виноградов, 1956 г.) 0,065%, а по данным Пухельта (1967 г.) 0,08%. Кларк бария занимает, таким образом, 16-е место среди кларков других элементов земной коры. Среднее содержание бария в изверженных породах 0,048%; наиболее богаты им породы семейства сиенита (до 0,23%); несколько меньше его в гранитах и существенно меньше в габброидах, бедных калием.

В магматических породах барий не образует самостоятельных минералов, а в основном изоморфно замещает близкий ему по ионному радиусу калий (в калиевых полевых шпатах и слюдах). Кроме того, в силикатах и других минералах барий частично замещает Ca, Fe, Mg и Mn. Он сорбируется окислами Mn, Fe, Al, концентрируется в растениях и живых организмах. Барий может мобилизоваться из пород гидротермальными растворами и газами и затем накопиться в виде сульфатов или карбонатов в местах их разгрузки. Наиболее обычная минеральная ассоциация собственных минералов бария с различными карбонатами, кварцем, флюоритом, целестином, сульфидами или замещающими их в зоне окисления минералами.

По А. Г. Бетехтину (1964 г.), образование сернокислых солей металлов, в том числе бария, происходит в условиях высокой активности кислорода при относительно низких температурах. Такие условия обычны вблизи земной поверхности. При этом сульфат бария (BaSO<sub>4</sub>) может выделяться как из ювенильных, так и из наземных (вадозных) растворов. Для такого крупного комплексного аниона, каким является SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, стойкие кристаллические решетки возможны лишь при соединении его с крупными двухвалентными катионами.

По данным А. Е. Ферсмана (1934 г.), барит в природе образуется различными путями, но лишь в условиях повышенного парциального давления кислорода и при относительно низких температурах (геофазах L—K). Поэтому барит, подобно всем другим безводным сульфатам, не встречается в изверженных, а также в в глубинных метаморфических породах.

В природе барит ассоциирует со многими рудными и нерудными минералами, чаще с содержащими Cu, Zn, Pb, F, Fe, Mn, Sr и S. Стронций почти всегда образует в барите изоморфную примесь, которая в баритах осадочных месторождений, составляет

от 0,48 до 2,5%, в гидротермальных и гидротермально-осадочных повышается до 8—15%, а в карбонатных метасоматитах, связанных с карбонатитовыми массивами и эндогенными карбонатами, достигает 30% с образованием минерала баритоцелестина.

Относительно высокий кларк бария в земной коре позволяет ему в благоприятной геологической и физико-химической обстановке накапливаться в сравнительно крупных масштабах; при этом количество барита в таких месторождениях заметно больше, чем минералов других элементов, имеющих близкие (Cu, Zn, Pb, F и S) или большие (Fe, Mn) кларки в земной коре, чем барит. В табл. 1 приводится сравнительное распространение в земной коре и рудах химических элементов, с которыми барий чаще всего образует единые минеральные ассоциации.

Таблица 1

Распространение некоторых химических элементов в земной коре и рудах

Элемент (полезное ископаемое)	Среднее содержание в земной коре, %	Занимаемое место	Минимальное содержание в промышленных рудах, %	
			собственных	комплексных
Fe (железные руды)	4,2	2	20	16
Mn (марганцевые руды)	0,1	6—7	20	5—10
Ba (баритовые руды)	0,08	16	50	7—10
Cu (медные руды)	0,01	13	0,42	0,02
Pb (свинцовые руды)	0,016	12	2—3	0,15
Zn (цинковые руды)	0,02	10—11	3—4	0,4
F (плавиковый шпат)	0,08	16	14	3,5
Au	0,000001	21	100 мг/м <sup>3</sup>	0,06 г/т
Hg	0,00001	20	2,1	0,07
S	0,1	6—7	8,2	1

До недавнего времени большинством исследователей считалось, что промышленные скопления барита могут возникать только при гидротермальных процессах. Это объясняется тем, что барит по формам выделения и условиям локализации почти всегда (даже в заведомо осадочных месторождениях) выглядит наложенным, вторичным минералом, редко сохраняются особенности его первичного распределения.

Л. В. Пустовалов (1956 г.) объясняет преимущественно вторичную форму нахождения барита в осадочных породах его физическими свойствами, прежде всего высокой плотностью и малым молекулярным объемом, которые обуславливают быструю перекристаллизацию этого минерала, тогда как ассоциирующие с ним минералы, составляющие основную массу вмещающих осадочных пород и обладающие значительно более низкой плотностью и большим молекулярным объемом, преобразуются медленнее и отстают от барита в развитии полнокристаллических структур. Эти же свойства, вероятно, вызывают его более быстрое перемещение

с образованием повышенных концентраций при усилении факторов диагенеза и метаморфизма.

В настоящее время экзогенные месторождения барита (осадочные, инфильтрационные, коры выветривания) доказываются работами многих исследователей. Так, например, Э. Диагенс (1967 г.) установил, что, хотя океаническая вода несколько недо-сыщена барием (содержание бария в морской воде 10—70 мг/л), в условиях разлагающегося органического вещества здесь происходит осаждение сульфата бария. Д. Бовен (1956 г.) показывает, что морские организмы обогащаются барием по сравнению с морской водой в 400—4400 раз. С уменьшением глубины содержание бария в морских водах понижается. Оптимальные условия концентрации бария в морских осадках связываются с повышенной биологической продуктивностью вод и накоплением железо-марганцевых и карбонатных (повышенной доломитости) осадков.

Органический фактор накопления барита установлен на марганцевом Чиатурском и железорудном Керченском месторождениях. При их формировании в морских бассейнах происходило образование баритовых конкреций и накопление  $BaSO_4$  в морских коллоидах, позднее преобразованных в марганцевые и железные оолитовые руды. В районах Поволжья и бассейна Печоры среди оксфордских отложений обнаружены раковины морских организмов, замещенные баритом.

В работах последних лет по пластовым полиметаллическим месторождениям (Караджальское, Жайремское, Миргалимсайское и др.) многими исследователями накопление бария в осадочном процессе признается бесспорным. Другие исследователи (Н. М. Страхов, 1962 г.; Н. М. Митряева, А. А. Рожнов и др., 1967 г.; М. В. Муратова, 1968 г.), признавая первичноосадочное происхождение пластовых свинцово-цинковых месторождений, свинцово-баритовые и баритовые руды таких месторождений рассматривают как наложенные, гидротермальные.

Промышленные скопления барита, связанные с корой выветривания (линзы и гнезда барита), многие исследователи относят к остаточно-инфильтрационным накоплениям за счет убогих содержаний барита в первичных породах.

Бесспорно гидротермальным признается образование жильных и метасоматических месторождений барита. При этом многие исследователи (Б. Л. Чепрасов, И. В. Покровская, О. А. Ковриго, 1972 г. и др.) считают, что образование жильных и метасоматических месторождений барита всегда связано с присутствием более древнего продуктивного баритового горизонта осадочного происхождения, за счет переработки которого и формируются эндогенные руды барита. Для баритов, образовавшихся гидротермальным путем, термобарометрические измерения указывают на температуру 150—300°С и давление более 500 кгс/см<sup>2</sup> или более низкие температуры 150—50°С при давлении менее 500 кгс/см<sup>2</sup>.

По мнению Г. С. Дзоценидзе (1948, 1963 гг.) и Эфендиева (1957 г.), накопление барита в гидротермальном растворе могло

происходить либо в результате его выщелачивания из калиевых минералов вмещающих пород, либо в том случае, когда недостаток калия в магме препятствовал захвату бария силикатами калия. По их мнению, в первом случае в баритообразующем растворе должны обнаруживаться признаки высокой концентрации калия, а во втором, наоборот, — низкой.

Н. Е. Учамейшвили (1967 г.), изучавший гидротермальные месторождения Кавказа, Средней Азии и Казахстана, приходит к следующим выводам:

1. Барит в гидротермальных месторождениях образовался из хлоридных и углекислых растворов, главным образом щелочных и щелочноземельных, имевших кислую, нейтральную и слабощелочную реакции (рН от 4 до 8). Преобладающие соли баритобразующих растворов — хлориды кальция и натрия, а в некоторых случаях и калия.

2. Предельные концентрации  $Ba^{2+}$  и  $SO_4^{2-}$  в баритобразующих растворах, позволяющие определить условия образования барита, составляют: для  $Ba^{2+}$   $5 \cdot 10^{-5}$ — $1 \cdot 10^{-1}$  г/л, а для  $SO_4^{2-}$   $5 \cdot 10^{-3}$ — $2$  г/л.

3. Высокотемпературные условия ( $>200^\circ C$ ) неблагоприятны для выделения барита из гидротермальных растворов.

4. Для системы  $Me^+$ ,  $Me^{2+}$  параллельно с  $Cl^-$  и  $SO_4^{2-}$  возможно существование относительно высокотемпературных промежуточных сульфатных стадий, минеральные фазы которых не сохраняются до конца гидротермального процесса (аналогичные явления могут иметь место и в случае других гидротермальных систем).

По геохимическим данным основными носителями бария среди породообразующих минералов изверженных пород являются калиевые полевые шпаты и слюды. В ранние стадии гидротермального процесса (в карбонатитах, скарнах) барит вместе со стронцием чаще всего образует изоморфные примеси в кальциевых и калиевых минералах. При этом стронций концентрируется в кальциевых минералах (кальцит, апатит), а барий — в калиевых (слюды). Содержание стронция и бария в этих минералах изменяется по мере изменения температуры, давления и щелочности растворов. По данным Е. И. Воробьева (1971 г.), накопление барита в карбонатитах и карбонатных метасоматитах возможно при снижении температуры растворов до  $300^\circ C$ , несколько повышенной их щелочности и увеличении окислительного потенциала. Эти факторы определяют повышение активности ионов  $SO_4^{2-}$  и увеличение концентрации ионов редких земель, что приводит к появлению барита, стронциевых и бариевых разновидностей редкоземельных фторкарбонатов, а также накоплению бария и стронция в виде собственных минералов в поздних (анкеритовых и доломитовых) карбонатитах щелочно-ультраосновных комплексов.

Таким образом, из сделанного краткого обзора научных положений можно сделать вывод, что формирование основных баритовых месторождений могло происходить в период осадконакопления в морских или озерных условиях, в условиях сублимационно-

гидротермальной, гидротермальной и метаморфогенно-гидротермальной деятельности, а также в гипергенной обстановке, при образовании кор выветривания.

В заключение следует подчеркнуть одну особенность, отмечаемую большинством исследователей: к какому бы генетическому классу ни относилось баритовое месторождение, образование в нем барита наиболее вероятно при смешении двух растворов — ювенильного, поступающего из глубины и несущего хлористые и другие растворимые соли бария, и вадозного, нисходящего, содержащего сульфаты.

Подтверждением этой теории могут служить наблюдения Латтермана (1933 г.) за современным образованием барита в Гарце, в одном из рудников вблизи Лаутенталя. Здесь в шахте на глубине 370 м выходит минеральный источник, ежедневно отлагающий на стенках шахты до 20 кг барита и образующий иногда огромные сталактиты. Отложение его происходит вследствие смешения вод источника, содержащего растворимый хлористый барий, и нисходящих просачивающихся вод из сульфидных жил того же рудника. Последние являются сернокислыми и формируются в зоне окисления. По данным Латтермана, воды этого минерального источника характеризуются наличием следующих хлористых солей (г/л):  $\text{BaCl}_2$  1,314;  $\text{CaCl}_2$  10,509;  $\text{SrCl}_2$  0,859;  $\text{MgCl}_2$  1,350;  $\text{NaCl}$  67,555;  $\text{HCl}$  0,350. В осажденном барите содержание  $\text{BaSO}_4$  94,3%,  $\text{SrSO}_4$  2,6% и  $\text{CaSO}_4$  1%. Следовательно, сульфат бария образуется здесь в итоге простейшей реакции, которая легко может быть воспроизведена в лабораторных условиях.

Образование аморфного барита таким же способом происходит в угольных копях Ньюкастля на р. Тине, где вагонетки и трубы быстро покрываются налетом  $\text{BaSO}_4$  также вследствие химического взаимодействия  $\text{BaCl}_2$ , присутствующего в рудничных водах, с сульфатом железа и серной кислотой, образующейся в руднике при окислении пирита, находящегося в породах, переслаивающихся с углем.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАРИТОВОГО СЫРЬЯ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

---

Как уже отмечалось, в природе известно много соединений бария, но в промышленности используются только барит и витерит. Полезные технологические свойства их связаны с высоким содержанием окиси бария, повышенной плотностью, химической инертностью и способностью поглощать рентгеновские лучи. В настоящее время в мире насчитывается более 2000 различных процессов и веществ, в которых применяется барит или соединения бария. Они используются в 18 отраслях промышленности: нефтяной, химической, лакокрасочной, резиновой, стекольной, бумажной, кожевенной, текстильной, военной, пищевой, в производстве строительных материалов, дорожном строительстве, керамике, цветной и черной металлургии, медицине, сельском хозяйстве, производстве искусственных материалов.

Добываемый барит обычно включает много различных изоморфных и механических примесей и поэтому очень разнообразен по качеству. Для промышленного использования баритовые руды подвергаются обогащению: рудосортировке или гравитационному и флотационному, иногда с последующей химической обработкой.

Барит, отсортированный вручную, после промывки обычно является готовым продуктом, остальная баритовая руда дробится и также промывается. При промывке баритовой породы удаляются глинистые примеси, часто включающие окислы цветных металлов, которые нарушают белизну естественного барита. Это производится на промывочных аппаратах различных конструкций. Дальнейшее обогащение заключается в тонком измельчении материала и в обработке его на отсадочных машинах.

При флотационном способе обогащения в качестве собирателя барита из измельченных баритовых руд обычно применяется олеиновая кислота. В настоящее время ввиду сравнительно высокой стоимости этой кислоты и недостаточной селективности ее она в зависимости от минерального состава баритоносных руд заменяется другими собирателями — более эффективными и экономичными при флотации барита из руд. Так, например, для селективной флотации кальцит-баритовых и кварц-баритовых руд применяются олеиновая кислота и сосновое масло, что резко снижает расход олеиновой кислоты. В США (в штате Арканзас) при флотации барит-флюоритовых руд собирателем барита служит сульфат нефти, а затем из хвостов баритовой флотации флюорит извлека-

ется олеиновой кислотой. В ряде случаев при флотации барита из редкометалльно-баритовых и барит-полиметаллических руд олеиновая кислота заменяется алкилсульфатом. В последнее время при флотации барита из сложных комплексных сульфидно-баритовых руд алкилсульфат заменен реагентом «Таламс», который повышает содержание барита в концентрате, не снижая при этом его извлечение из руд.

Кусковой барит используется в качестве сырья для производства углекислого бария ( $\text{BaCO}_3$ ), хлористого бария ( $\text{BaCl}_2$ ), азотнокислого бария [ $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ], гидрата окиси бария [ $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ] и других барийсодержащих соединений.

Молотый барит в виде тонкого порошка применяется как наполнитель\*, в качестве пигмента и утяжелителя в различных отраслях промышленности:

1) как инертный или слабо активный наполнитель в лакокрасочной, резиновой, бумажной, в производстве взрывчатых веществ и различных твердых пластмасс, рентгенотехнике и медицине, как утяжелитель глинистых растворов при глубоком и сверхглубоком бурении скважин для предотвращения газо-нефтяных выбросов в нефтяной промышленности. В этих областях барит используется по особенностям своих физических свойств, главным образом высокой плотности;

2) в медицине как составная часть штукатурки для стен рентгеновских лабораторий с целью защиты от вредных действий рентгеновских лучей. Из барита также изготавливаются контрастные массы, применяемые при просвечивании желудка и кишечного тракта;

3) в строительном деле в качестве заполнителя и утяжелителя в специальных бетонах. Бетонный материал, включающий 80% барита и 10% окислов железа, является хорошим защитным материалом от гамма-излучения;

4) в лакокрасочной для производства белого пигмента (литопон) и в химической для производства различных солей и препаратов бария;

5) при производстве специальных стекол, в литейном производстве и других областях.

В последнее время барит в значительных количествах стал использоваться также при производстве баритового цемента, устойчивого в морской воде (состав клинкера:  $\text{BaO}$  75—84%;  $\text{SiO}_2$  6—10%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  3—5%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  2—6%;  $\text{CaO}$  0—3%;  $\text{MgO}$  ~0,2%; щелочи — около 0,2%), в качестве наполнителя в смеси с латексом (6%) и горячим асфальтом (47%), применяемых в дорожном строительстве для верхних покрытий взлетно-посадочных дорожек в аэропортах (США) и обычных дорог, что обеспечивает получение прочного и одновременно гибкого слоя; в качестве флюса при

---

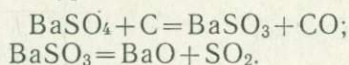
\* Наполнителями называются вещества, которые вводятся в промышленные изделия для их уплотнения и которые при этом не изменяются и сохраняют свои свойства.

плавке желтой меди и в алюминиевой промышленности при производстве чистой окиси глинозема.

Металлический барий нашел применение при изготовлении некоторых радиоламп, а в США с 1968 г. барит используется для получения силицида бария, необходимого в производстве чугунно-го литья, и для получения титаната бария, применяемого в электронных системах.

Некоторые бариевые соединения, как природные, так и искусственные, например радиобарит, азотнокислый барий и др., являются токсическими веществами и употребляются в сельском хозяйстве в качестве средств борьбы с вредителями растений. Бариевая соль  $Ba(NO_3)_2$  используется в пиротехнике для изготовления различных смесей, горящих зеленым огнем (бенгальские огни, сигнальные и карнавальные ракеты, трассирующие пули и снаряды и т. п.).

Окись бария применяется в производстве стекла. Баритовые стекла очень чисты, прозрачны, блестящи и обладают хорошими оптическими свойствами, сильно преломляя световые лучи. В настоящее время с окисью бария изготавливаются хрустальные и другие блестящие и тяжелые стекла, некоторые сорта прессовых стекол, стекло для физических приборов и некоторые технические стекла. Окись бария вводится в стекольную шихту в виде углекислого или сернистого бария, причем вместе с последним всегда вводится и порошкообразный древесный уголь, необходимый для разложения  $BaSO_4$  по уравнению



Те же соли бария применяются и при изготовлении прозрачных и бесцветных легкоплавких баритовых глазурей для изделий тонкой керамики.

Следует отметить, что хотя барит используется во многих отраслях промышленности, все же основными потребителями барита, определяющими масштабы его производства, являются нефтяная (80%), химическая (7,4%) и лакокрасочная (8,5%) отрасли промышленности.

В настоящее время предприятия СССР, разрабатывающие баритовые месторождения, выпускают товарный барит трех разновидностей: кусковой, отобранный вручную или гравитационным путем, молотый и в виде баритового концентрата, полученного флотационным путем. Требования к ним определяются ГОСТ 4682—49 «Барит» (табл. 2 и 3). Он несколько устарел, каждая потребляющая отрасль промышленности предъявляет к бариту различные требования. Так, в лакокрасочной отрасли промышленности, в которой барит используется для производства высококачественных цинковых (в смеси с  $ZnO$  и  $ZnS$ ) и свинцовых белил и других красок, для получения беложгущихся изделий, кафельных плиток и пр., в высокосортных эмалях, применяемых в реакторах для антикоррозионной защиты, к бариту предъявляются особые

## Требования, предъявляемые к баритовым концентратам

Основные показатели	Сорт			
	Высший	I	II	III
Содержание $BaSO_4$ в пересчете на сухое вещество (в %), не менее	95	90	85	80
Содержание влаги (в %), не более в баритовом концентрате в молотом барите	3	5	5	10
Содержание $SiO_2$ в пересчете на сухое вещество (в %), не более	1	1	2	Не нормируется
Содержание $Fe_2O_3$ в пересчете на сухое вещество (в %), не более	1,5	2,5	4	То же
Содержание растворимых в воде солей (в %), не более	0,5	1,5	3	»
Реакция водной вытяжки	0,3	1	1	1
Цвет по шкале белого цвета, не выше номеров	Нейтральная			Не нормируется
	1	3	5	То же

Таблица 3

## Зерновой состав барита в баритовых концентратах

Ситовая характеристика	Класс	
	А (наполнитель)	Б (утяжелитель)
Остаток на сите 4900 отв/см <sup>2</sup> при размере ячеек в свету 0,088 мм (в %), не более	1	5
Остаток на сите 1600 отв/см <sup>2</sup> при размере ячеек в свету 0,15 мм (в %), не более	0,1	Не нормируется

требования по белизне. Вследствие этого он подвергается специальному отбеливанию путем обработки серной кислотой, после чего промывается, просушивается и измельчается. При такой обработке получается продукт с содержанием  $BaSO_4$  до 99,75%. Иногда для усиления белизны к бариту подмешивается небольшое количество ультрамарина.

В химической промышленности барит служит сырьем для получения различных солей бария. Основными видами их являются азотнокислый и хлористый барий. Последний служит сырьем для производства других бариевых солей: гидрата окиси бария, углекислого бария, перекиси бария, сернокислого бария и др. Требования к баритовому сырью для производства этих солей следующие: содержание  $BaSO_4$  87—92%,  $SiO_2$  2—5%,  $R_2O_3$  1—2%,  $CaO + MgO$  1—2%; влажность 3%. Содержание  $SiO_2$  может быть до

3—4% при содержании  $R_2O_3$  до 0,5%; допустимо повышение  $R_2O_3$  до 1,5% при снижении содержания  $SiO_2$  до 0,8%. Содержание вредных примесей в баритовом концентрате для химической промышленности такое:  $CaF_2$  не более 1% и  $Pb+Zn$  не более 1%.

В нефтяной и газовой отраслях промышленности, как уже говорилось, барит служит утяжелителем глинистого раствора. Важными показателями барита-утяжелителя являются: высокая плотность (4,2 г/см<sup>3</sup>), содержание в допустимых количествах растворимых солей (от 0,3 до 0,45%), кварца, извести и марганца. Присутствие растворимых солей снижает химическую инертность барита. При содержании растворимых солей более 0,5% происходит коагуляция бурового раствора с последующим выпадением барита в осадок. Абразивные свойства кварца опасны для оборудования скважин, а известь и марганец повышают вязкость раствора и снижают его подвижность.

В заключение следует отметить, что в США использование барита для производства литопона в настоящее время прекращено и заменено титановыми пигментами, а баритовые наполнители (для лаков и красок) заменяются доломитом, кальцитом, сепарированным мелом и другим сырьем, обладающим более высокими технологическими качествами.

В СССР в результате исследований по замене барита в качестве наполнителя микрокальцитом и микродоломитом получена эмаль марки ПФ-133 (голубая), соответствующая техническим требованиям. Требования, предъявляемые лакокрасочной промышленностью к качеству кальцита и доломита, следующие: для доломита содержание  $MgO$  не менее 19%,  $CaO$  — не более 32%,  $Fe_2O_3$  — не более 0,05%,  $Al_2O_3$  — не более 0,5%,  $HO$  (в  $HCl$ ) — не более 1,5% и белизна 90%; для кальцита содержания  $CaO$  не менее 54,5%,  $SiO_2$  — не более 1%,  $Al_2O_3$  0,3%,  $Fe_2O_3$  0,2%,  $MgO$  0,6% и белизна 92%.

Для получения солей бария наряду с баритом применяется и витерит, растворимый даже в слабых кислотах. Он имеет значительные технологические преимущества по сравнению с баритом, так как позволяет избегать громоздкой промежуточной операции термического восстановления — обжига во вращающихся печах и последующего выщелачивания сплава.

Особенно резко увеличиваются потребности в барите нефтедобывающей и газовой промышленности. Так как его не хватает, то нефтедобывающие страны стали использовать его заменители и регенерировать барит из отработанных буровых растворов. В последние годы в ряде стран развернулись исследования по созданию искусственных заменителей барита. Так, например, в 1973 г. в ФРГ создан новый заменитель барита в качестве утяжелителя при бурении «Феробар». Замена природного барита другими материалами (известняк, гематит, пирит и др.) при бурении скважин в экономическом отношении пока значительно уступает использованию барита.

## МИРОВЫЕ РЕСУРСЫ БАРИТОВОГО СЫРЬЯ И СТРУКТУРА ЕГО ПОТРЕБЛЕНИЯ

Баритовые месторождения распространены широко и выявлены почти во всех странах мира. Освоение их идет более быстрыми темпами прежде всего в странах с развитой нефтедобывающей и химической промышленностью, а также в странах-импортерах, в которых баритовые месторождения расположены вблизи водных путей или железнодорожных магистралей.

Мировые запасы собственно баритовых руд (содержащих более 50%  $BaSO_4$ ) на начало 1970 г. оценивались в 220 млн. т, в том числе в развитых капиталистических и развивающихся странах 149,4 млн. т (68,2%). Мировые запасы собственно баритовых руд по основным странам следующие (в млн. т): СССР—53,3 (24,2%), США—41,7 (20%), Алжир—25 (11,3%), Бразилия—10 (4,5%), Турция—7,1 (3,2%), ФРГ—7 (3,18%), Канада—7 (3,18%), Таиланд—5,5 (2,5%), Италия—5 (2,3%) и Мексика—4 (1,81%).

Всего в мире в 1969 г. получено баритового концентрата с содержанием  $BaSO_4$  от 82 до 98% около 4,2 млн. т, в том числе в развитых капиталистических и развивающихся странах 3,12 млн. т (74,3%). Основными производителями баритового концентрата являлись (в тыс. т): СССР—870 (20,7%), США—852 (20,2%), ФРГ—454 (10,7%), Мексика—249 (5,8%), Италия—242 (5,7%), Греция—190 (4,52%), Ирландия—158 (3,8%), Канада—128 (3,04%), Перу—109 (2,6%), Испания—100 (2,4%) и Франция—100 (2,4%).

На 1/1 1975 г. запасы баритовых руд в капиталистическом мире (по сравнению с 1970 г.) возросли на 10% и составили 163,9 млн. т, а добыча на 11,5% и составила 3,5 млн. т. Значительный рост запасов и добычи барита за это время произошел и в социалистическом мире. В СССР запасы собственно баритовых руд возросли на 5,3% и на 1/1 1975 г. составляли 56,3 млн. т, а добыча 261 тыс. т руды, или 137 тыс. т сульфата бария.

Основное развитие баритовой промышленности в Советском Союзе в отличие от капиталистических стран происходит за счет добычи и переработки не собственно баритовых руд, а комплексных, из которых барит извлекается как попутное полезное ископаемое. В 1974 г. в стране добыто более 7 млн. т комплексной баритовой руды, при переработке которой на обогатительных фабриках было получено 1,1 млн. т баритового концентрата, т. е. на 15% больше, чем в 1969 г.

Распределение общих запасов собственно баритовых руд и добычи товарного барита в капиталистических странах по континентам приведено в табл. 4.

Таблица 4

Запасы и добыча собственно баритовых руд в капиталистическом мире

Континент	Запасы на 1/1 1975 г.		Добыча на 1/1 1974 г.	
	тыс. т	% к мировым	тыс. т	% к мировым
Европа	27200	16,5	1260,5	36,2
Азия	20491	12,5	526,0	15,1
Африка	19988	12,2	149,3	4,3
Америка	91749	56,0	1501,0	43,1
Австралия и Океания (Австралийский Союз)	4500	2,8	43,0	1,3
Всего	163928	100	3479,8	100

В Европе основные общие запасы и добыча барита сосредоточены в ФРГ (3,7 и 11,7% соответственно), Италии (3 и 4,8%), Франции (2,4 и 3,3%) и Греции (2,4 и 3,4%); в Азии наибольшие запасы сконцентрированы в Турции (2,2%), Таиланде (3,4%), Японии (2%), Иране (1,6%) и Пакистане (1,2%), а добыча — в Иране (3,4%), Японии (2,1%) и Таиланде (3,3%); в Африке основные запасы и добыча сосредоточены в Алжире (3,7 и 0,9% соответственно) и Марокко (3 и 3%); на Американском континенте основные запасы в США (45,8%), Канаде (3%) и Мексике (2,4%), а добыча — в США (25,1%), Мексике (7,3%), Перу (4%) и Канаде (2,6%).

США занимает первое место среди капиталистических стран по запасам (75 млн. т) и добыче (873 тыс. т) барита. Около 50% общих его запасов заключено в стратиформных месторождениях штатов Арканзас и Невада и более 45% в остаточных месторождениях штатов Миссури и Теннесси, а также в жильных месторождениях Калифорнии. Среднее содержание  $\text{BaSO}_4$  в баритовых месторождениях США составляет: в стратиформных от 35 до 80%, в остаточных 10—25% и жильных от 50 до 90%.

В 1973 г. барит добывался в семи штатах, но в основном (70%) в Арканзасе, Неваде и Миссури. В стране действовало 40 добывающих барит предприятий, которые обрабатывали месторождения в основном открытым способом (96% добытой руды). США уже многие десятилетия остаются крупнейшим производителем (23% всей добычи капиталистического мира), а также потребителем и импортером барита. Рекордная добыча товарного барита — 977 тыс. т была достигнута в 1969 г.; в 1973 г. она снизилась на 10% и составила 873 тыс. т. Снижение объясняется уменьшением потребности в этом сырье в результате сокращения

буровых работ нефтегазовой промышленностью, а также ввозом более дешевого барита из других стран. Вследствие недостатка местного барита в США в 1973 г. ввезено более 640 тыс. т барита, в том числе из Ирландии и Мексики по 21%, из Канады и Перу по 17% и остальное из других стран.

В 1969 г. в США использовано 1300 тыс. т барита, в 1973 г. 1500 тыс. т, из них большую часть потребляла нефтедобывающая (71%) и химическая (13,6%) промышленность. В последние годы

Таблица 5  
Структура потребления барита в США  
и в СССР за 1973 г., %

Отрасли промышленности	СССР	США
Нефтедобывающая	83,1	73,1
Химическая	16,2	25,9
Прочие потребители	0,7	1,0
Всего	100,0	100,0

местный высококачественный барит используется в химической промышленности (для производства хлористого и азотистого бария), а низкосортные местные баритовые концентраты и дешевые импортные — в нефтедобывающей. Производство литопона из высококачественного барита прекращено, а в производстве лаков и красок баритовые наполнители заменяются до-

ломитом, кальцитом, сепарированным мелом и другим сырьем, обладающим более высокими технологическими качествами.

Советский Союз занимает первое место в мире по запасам, добыче и производству барита и второе (после США) по потреблению (табл. 5).

ФРГ по запасам барита (более 6 млн. т) и добыче (526 тыс. т) занимает второе место среди капиталистических стран. В 1973 г. добыча барита велась на 10 рудниках. Основная добыча, главным образом кускового барита, производилась на стратиформном колчеданно-барит-полиметаллическом месторождении Мегген. Из производимого в ФРГ барита 70% составляет кусковой, который используется в производстве литопона, 20—25% измельченного барита и небольшое количество низкосортного барита (баритовый концентрат) потребляется нефтяной промышленностью.

Для удовлетворения потребности в барите ФРГ в 1973 г. импортировала из других стран 97 тыс. т. Кроме того, в стране в последние годы велись поиски искусственного заменителя барита как утяжелителя. Как уже говорилось, в 1973 г. такой заменитель под названием «Феробар» (Fer-o-Bar) получен путем специальной обработки шлаков пиритных руд при сернокислотном производстве.

Мексика по запасам (4 млн. т) баритовых руд занимает шестое место, по добыче (255 тыс. т) четвертое среди капиталистических стран. В основном эксплуатируются осадочные и вулканогенно-осадочные месторождения, расположенные в штатах Нуэво-Леон, Чиуауа и Коауила. Вся баритовая промышленность сосредоточена в двух компаниях. Значительная часть (117 тыс. т) добытого в

1973 г. барита (255 тыс. т) экспортировалась, главным образом в США.

Италия занимает четвертое место по запасам среди капиталистических стран (5 млн. т) и пятое по добыче (166 тыс. т). Баритовые месторождения, главным образом жильного типа, известны на островах Сардиния, Поливос, Кимолос и др. в Эгейском море. Основная добыча барита производится на месторождениях Барега (о. Сардиния), Су-Бенату (провинция Кальяри) и Матрикарро (провинция Масса-э-Каррара). В 1973 г. по сравнению с 1970 г. добыча уменьшилась на 36%.

Греция, Великобритания и Франция по запасам барита стоят на шестом месте. В каждой из этих стран общие запасы барита составляют до 4 млн. т. В 1973 г. было добыто товарного барита: в Греции 124 тыс. т (седьмое место), в Великобритании 20 тыс. т (двадцатое место), во Франции 113 тыс. т (десятое место).

Добыча барита в Греции ведется в основном из жильных месторождений: около 1/4 добываемого барита вывозится в США, Нигерию и Ливию.

В Великобритании добыча барита и витерита за последние годы резко сократилась. Характерным для баритовых месторождений этой страны является ярко выраженная ассоциация барита с флюоритом при участии витерита. Известны сравнительно крупные скарновые барит-витеритовые месторождения, такие, как Сетлингстон, Моррисон (в настоящее время отработанные) и Лонглеут, подготавливаемое к эксплуатации. Добыча витерита колеблется от 6 до 8,2 тыс. т в год. Потребности барита в стране оцениваются примерно в 80 тыс. т, из них 82% удовлетворяется за счет импорта. Химическая промышленность потребляет 15—20 тыс. т кускового барита, при бурении скважин в Северном море используется более 10 тыс. т молотого барита. Остальная часть барита потребляется бумажной и резиновой промышленностью.

Во Франции баритовые месторождения (средние и мелкие по размерам) широко распространены. Наиболее изученные (барит-полиметаллические, кварц-баритовые и кварц-барит-флюоритовые) промышленные месторождения известны в основном на юге страны в департаментах Верхняя Луара, Лозер, Эро и Од. В 1965—1966 гг. в северо-западном окончании гранитного хребта Морвана открыто четыре жильных барит-флюоритовых месторождения, запасы руды в которых оцениваются более 3 млн. т с содержанием  $\text{CaF}_2$  от 34 до 39% и  $\text{BaSO}_4$  от 9 до 15%. Предположительно осадочного генезиса месторождения барита открыты в секторе Аваллон-Пьер-Пертюи, где запасы баритовой руды оцениваются в несколько десятков миллионов тонн. За счет разработки своих месторождений Франция обеспечивает потребность в барите примерно на 2/3, остальную часть ввозит из ФРГ.

В Ирландии, занимающей десятое место по запасам (3 млн. т) и третье по добыче (266 тыс. т), открыто большое число жильных и метасоматических гидротермальных месторождений барита. В последнее время разведано перспективное барит-полиметалличе-

ское месторождение Тайнах, руды которого содержат до 28%  $BaSO_4$ . Оно намечается к отработке канадской компанией; кроме полиметаллов на нем будут попутно добывать и производить 100 тыс. т баритового флотоконцентрата.

В Перу незначительные запасы барита (2 млн. т) заключены в основном в жильных баритовых и кварц-баритовых месторождениях. В 1973 г. добыто 140 тыс. т барита (шестое место). Владелец основных рудников является компания *Varmina S. A.*, которая большую часть добываемого барита экспортирует в США, Мексику и Канаду.

Канада по запасам баритовых руд (5 млн. т) занимает четвертое место, а по добыче тринадцатое (89 тыс. т). Добыча барита по сравнению с 1971 г. снизилась на 7,2% в связи с временным прекращением (вследствие наводнения) добычи барита на руднике Уолтон, на котором до 1969 г. добывалось 90% барита в стране. Месторождения баритовых руд представлены жильными (кварц-баритовые, кварц-барит-флюоритовые), пластовыми и метасоматическими (барит-полиметаллические) залежами.

В Канаде с каждым годом увеличивается потребление барита: в 1970 г. оно составило 22 тыс. т, а в 1971 г. 33,9 тыс. т, из них 73% используется в нефтяной промышленности. В связи с этим экспорт барита в 1971 г. снизился до 70 тыс. т (в 1969 г. он составлял 98,5 тыс. т).

В 1971 г. барит добывался только в Британской Колумбии на месторождениях Парсон и Бриско с содержанием  $BaSO_4$  в руде 35—50% и Новой Шотландии на месторождениях Брукфильд и Лейк-Эйнсли на о. Кейп-Бретон. На месторождении Брукфильд добывается в основном витерит, а на Лейк-Эйнсли — барит и плавиковый шпат. Запасы барит-флюоритовой руды на месторождении Лейк-Эйнсли оцениваются более чем в 3 млн. т; среднее содержание в руде  $BaSO_4$  44%,  $CaF_2$  18,2%. Кроме того, в провинции Онтарио восстановлен (после пожара) завод по переработке барита, добываемого из жильного месторождения, расположенного на берегу оз. Мистиникон, в 10 км к юго-западу от г. Митачусуан. Завод восстановлен в расчете на переработку баритовых руд из других месторождений провинции Онтарио, округов Ярроу, Пенорвуд и Ленжмуир, о. Мак-Келлор и др.

Испания обладает небольшими запасами барита (1 млн. т) и занимает 26 место, а по добыче шестое (в 1973 г. добыто 140 тыс. т). В стране разрабатываются жильные мономинеральные баритовые месторождения, известные на севере, в провинции Наварра. В последние годы в провинциях Альмерия, Таррагона и Жерона выявлены комплексные барит-полиметаллические месторождения. В связи с потребностью барита для бурения скважин на нефть добыча барита в стране из года в год увеличивается. За последние пять лет она возросла с 56 тыс. т до 140 тыс. т.

Бразилия имеет сравнительно небольшие разведанные запасы (2,7 млн. т) баритовых руд (занимает 12 место среди капитали-

стических стран); добыча (16 место) и производство барита (43 тыс. т в год) являются невыгодными. Добычу баритовых руд ведет компания Pigmina на месторождениях, расположенных на о. Илья-Гранди в заливе Камаму. Почти весь добытый барит перерабатывается на заводах США и затем поставляется бразильскому нефтяному концерну.

В азиатских странах наибольшие запасы барита сосредоточены в Таиланде (5,5 млн. т; четвертое место), Турции (3,6 млн. т; седьмое место), Японии (3,3 млн. т; восьмое место), Иране (2,7 млн. т) и Пакистане (2 млн. т). В последние годы месторождения барита открыты в Афганистане. Наибольшее количество добытого барита в 1973 г. в странах Азии приходится на долю Ирана (120 тыс. т), Японии (70 тыс. т), Таиланда (113 тыс. т) и Индии (55,9 тыс. т).

В Иране разрабатываются жильные месторождения с высококачественным баритом. Основную добычу ведет компания Irap Barite на нескольких месторождениях, в том числе наиболее крупном Эштиан. Добытый барит доставляется на завод в г. Савариан, расположенный в 210 км от Тегерана. Компания строит новый дробильный завод на юге страны мощностью 100 тыс. т в год. Она намерена также построить завод по производству порошкового барита. В настоящее время весь добытый компанией барит вывозится в Новую Гвинею, Сингапур и США. Другая компания Magsohar Irap S. A. разрабатывает барит-полиметаллическое месторождение, находящееся недалеко от г. Раванджа. Примерная производительность рудника и обогатительной фабрики (расположенной в г. Раванджа) 400 тыс. т руды в год.

В Японии известны месторождения барита с низкокачественными рудами (содержание  $BaSO_4$  от 15 до 30%). Выделяются три основных типа баритовых месторождений: метасоматические в третичных вулканических породах (о. Хоккайдо), жильные в палеозойских сланцах (префектура Киото и о. Хоккайдо) и месторождения руд типа «Куроко», представленные колчеданно-барит-полиметаллическими залежами. Добыча барита в стране из года в год увеличивается: с 62,3 тыс. т в 1969 г. до 70 тыс. т в 1973 г. Основная часть его добывается на о. Хоккайдо, главным образом на месторождениях Отару-Матсукура и Мокари. В связи с увеличением спроса на барит крупная фирма Mitsui and Co проявляет повышенный интерес не только к отечественным колчеданно-баритовым месторождениям, но и к месторождениям США, расположенным на Аляске.

В Таиланде в последние годы были выявлены значительные запасы баритовых руд в провинциях Яла и Накхонситхаммат. В настоящее время компания Endeavour Oil подготавливает к эксплуатации крупное месторождение высококачественного барита, расположенное в 25 км от порта Тхасала и в 210 км к северозападу от г. Сонгкхла. По имеющимся данным разведанных запасов на месторождении хватит на пять лет. Руда содержит 92%  $BaSO_4$ . Добыча будет производиться открытым способом; произво-

дительность карьера 20 тыс. т руды в год. Барит поставляется на местный рынок и экспортируется главным образом в Индию и Сингапур. Экспорт барита из Таиланда увеличился с 2,7 тыс. т в 1970 г. до 34,7 тыс. т в 1971 г. и более 60 тыс. т в 1973 г.

В Индии добычу барита ведут многочисленные мелкие компании. Объем добычи колеблется от 50 до 70 тыс. т в год. Барит используется в основном местной промышленностью. Высокие транспортные расходы не позволяют организовать добычу барита в более широких масштабах. Экспорт товарного барита не превышает 10 тыс. т в год. Основные промышленные месторождения барита расположены в юго-восточном штате Андхра-Прадеш. Представлены они кварц-баритовыми жилами. Наиболее крупные промышленные месторождения барита находятся в северо-западной части Каммамского района, где баритовая минерализация приурочена к узкой полосе Пакхолье, сложенной гранитами, кварцитами, филлитовидными сланцами и известняками.

В Турции известно много месторождений барита, которые по геологическим условиям образования во многом сходны с месторождениями Грузии, Азербайджана и Армении. По запасам баритовых руд (более 7 млн. т) Турция занимает четвертое место среди капиталистических стран и первое в Азии, по добыче — двадцатое (28,5 тыс. т в 1971 г.). Баритовые месторождения связаны с различными формациями — от нижнепалеозойского до третичного возраста. Большинство месторождений, в том числе и крупные, имеют нижнепалеозойский возраст. Наиболее распространены жильные месторождения, встречаются также небольшие залежи вдоль зон разломов и метасоматические тела в известняках.

В Африке, как уже отмечалось, основные запасы (6 млн. т; третье место) и добыча (30 тыс. т) барита приходятся на Алжир. Здесь известны крупные промышленные месторождения барита жильного типа кварц-баритового и баритового состава. Добыча высокосортного барита в стране колеблется от 30 тыс. т в 1970 г. до 51,7 тыс. т в 1973 г. Крупнейшими баритовыми месторождениями являются Кеддара, Бу-Махни и Кабилия. В ближайшие годы в Алжире предполагается разработка барит-флюоритовых месторождений и переработка этой руды на обогатительной фабрике в г. Хаммам-Зриба с получением баритового и флюоритового концентратов.

После Алжира значительные запасы (5 млн. т; четвертое место) и добыча (103 тыс. т; одиннадцатое место) барита на африканском континенте в Марокко. Основным промышленным месторождением в стране является Джабель-Ируд, среднее содержание  $\text{BaSO}_4$  в рудах которого составляет 94%. Производительность рудника 20 тыс. т в год. Месторождение расположено в археоциатовых известняках, протягивающихся в меридиональном направлении на 5 км и имеющих ширину 1 км. Барит на месторождении встречается в виде жил и прожилков, чередующихся с прослоями окварцованных известняков.

На Австралийском континенте промышленные месторождения барита с запасами 4,5 млн. т (пятое место) сосредоточены в основном в Южной Австралии. В 1973 г. основная добыча (43 тыс. т) барита была сосредоточена на месторождении Орапарина (северная часть хр. Флиндерес). В этом же году начата эксплуатация месторождения Аркабо и подготавливается к эксплуатации месторождение Инверуэй. Барит перерабатывается на заводе в г. Кворн и новом заводе в г. Уиндем. В 1973 г. в Австралии из добытых 43 тыс. т барита 25 тыс. т вывезено в Бруней и Пануа.

Остальные развитые капиталистические и развивающиеся страны (Бельгия, Афганистан, Бирма, Саудовская Аравия, Кения, Либерия, Аргентина, Колумбия) располагают незначительными запасами баритовых руд (от 0,1 до 1 млн. т) и добывают товарного барита от 0,1 до 7 тыс. т.

**Географическое размещение и геологические  
позиции баритовых месторождений  
и рудопроявлений в СССР**

На территории СССР известно более 1000 месторождений и рудопоявлений барита, выявленных гравным образом в геосинклинальных областях и меньше на древних платформах и зонах активизации консолидированных складчатых областей.

Баритовые месторождения и рудопоявления известны в 10 экономических районах: Северо-Западном, Уральском, Западно-Сибирском, Восточно-Сибирском, Дальневосточном, Северо-Кавказском (РСФСР), Закавказском (Грузинская, Армянская и Азербайджанская ССР), Юго-Западном (Украинская ССР), Казахстанском (Казахская ССР) и Среднеазиатском (Узбекская, Туркменская, Таджикская и Киргизская ССР).

Изучением особенностей баритовых месторождений и рудопоявлений установлено, что основным фактором, определяющим условия нахождения, минеральный состав руд и соотношение в них полезных компонентов, является локализация баритового оруденения в тех или иных геотектонических элементах земной коры и заключающих это оруденение формациях. В геотектоническом отношении территории указанных экономических районов СССР охватывают 11 металлогенических провинций: Уральскую, Карпатскую, Кавказскую, Копетдагскую, Казахстано-Тяньшаньскую, Центрально-Казахстанскую, Алтае-Саянскую, Забайкальско-Приморскую (области геосинклинального развития), Украинский и Карело-Кольский щиты и Сибирскую платформу (области платформенного развития).

Распределение разведанных промышленных месторождений и выявленных рудопоявлений барита в экономических районах и металлогенических провинциях крайне неравномерное, что в какой-то мере обусловлено неодинаковой степенью их изученности.

Из известных месторождений и рудопоявлений барита в той или иной степени разведывалось около 150. Запасы барита учитываются всего по 50 месторождениям, которые по составу и другим свойствам руд подразделены на три минеральные группы. собственно баритовые (16 месторождений), комплексные сульфидно-баритовые (33 месторождения) и комплексные флюорит-барит-целестин-железорудные (одно месторождение). В рудах этих месторождений заключено барита (в пересчете на 100%  $BaSO_4$ ) 195 млн. т, из них запасы категорий А+В+С<sub>1</sub> составляют 125 млн. т, С<sub>2</sub> 40 млн. т и забалансовые 30 млн. т.

Деление баритовых месторождений на собственно баритовые и комплексные является условным. К собственно баритовым месторождениям отнесены те, из руд которых в настоящее время извлекается только барит или барит и виверит. Все остальные минеральные компоненты, ассоциирующие с баритом (кальцит, флюорит, сульфиды цветных металлов), промышленного значения не имеют. К комплексным отнесены баритовые месторождения, из руд которых барит извлекается как попутное полезное ископаемое. Основными полезными компонентами в комплексных месторождениях являются Cu, Zn, Pb, Ag, Au, Fe, Hg и др.

В рудах 16 промышленных собственно баритовых месторождений общие запасы барита составляют 12,8% от общесоюзных. Разведанные промышленные запасы барита сосредоточены только в семи экономических районах: Уральском (1,3%), Западно-Сибирском (8,9%), Восточно-Сибирском (13,4%), Закавказском (3,5%), Юго-Западном (0,9%), Казахстанском (69,6%) и Среднеазиатском (2,4%). Баритовые месторождения и рудопроявления слабо изучены в европейской части СССР, на Сибирской платформе, на Северо-Востоке и в Приполярных районах страны.

В 1973 г. в Советском Союзе добыча барита осуществлялась как из собственно баритовых месторождений (добыто 137 тыс. т в пересчете на 100%  $BaSO_4$ , или 7,9% от общесоюзной добычи), так и из комплексных сульфидно-баритовых месторождений (добыто 1583 тыс. т в пересчете на 100%  $BaSO_4$ , или 92,1% от общесоюзной добычи). Добыча баритовой руды по экономическим районам распределялась следующим образом: в Западно-Сибирском 4,9%, Закавказском 6% и Казахстанском 89,1%.

В пределах Российской Федерации известно более 500 месторождений и рудопроявлений барита, однако в основном они являются мелкими или недостаточно изученными, в связи с чем не имеют обоснованной промышленной оценки. Наиболее перспективными районами, в которых выявлены промышленные месторождения барита, являются Северо-Запад, Южный Урал, Западная Сибирь и Северный Кавказ.

#### *Северо-Западный экономический район*

В отношении баритоносности этот район изучен слабо, хотя баритовая минерализация здесь проявляется весьма широко как в пределах кристаллического щита (Карелия), так и зонах активизации (авлакогенах и периферических погружениях) Русской платформы. Баритовые рудопроявления зафиксированы в карбонатных массивах (Вуориярви и Салланлатвинский) на Кольском полуострове, в виде гидротермальных кварц-баритовых жил (район р. Верхняя Кица и Терский берег), в метаморфогенно-осадочных карбонатных (Оленеостровское месторождение) и в вулканогенно-осадочных породах (Пальникское месторождение в Коми АССР). Наиболее изученными являются Оленеостровское, Салланлатвинское и Пальникское баритовые месторождения.

Оленеостровское осадочное месторождение разрабатывалось периодически до 1928 г. Расположено оно на Южном Оленьем острове в северной части Онежского озера, в 65 км от г. Петрозаводска. Гнездообразные и линзообразные скопления барита локализованы в кембрийских доломитах. Содержание  $BaSO_4$  в руде до 97,39%,  $Fe_2O_3$  до 2,17%,  $SiO_2$  до 15%.

Пальникское месторождение было открыто в 1968 г. Предположительно оно осадочного генезиса. Линзы и пропластки барита здесь переслаиваются с известняками, алевролитами и глинистыми сланцами средне- и верхнедевонского возраста. Барит в линзах и пропластках массивный и конкреционный. Месторождение перспективно.

На Кольском полуострове в активизированных структурах кристаллического щита на баритовых месторождениях, связанных с карбонатитами массивов Вуориярви и Салланлатвинского, содержание барита в кальцитовых и доломит-сидеритовых разновидностях карбонатитов изменяется от 0,23 до 4,05%. Барит ассоциирует с пиритом, галенитом, сфалеритом, апатитом и другими минералами. Цвет барита обычно желтый. Минерал образует вкрапления размером до 0,5 см или гнездообразные обособления размером  $3 \times 1$  см, реже прожилки, или выполняет пустоты и зороши.

В Салланлатвинском карбонатитовом массиве в приповерхностной части развита зона окисления мощностью 5 м и более. Площадь зоны на двух участках 300—350 тыс. м<sup>2</sup>. В зоне окисления барит образует линзовидные скопления и содержание его здесь колеблется от 10 до 18%. Кроме барита на отдельных участках зоны окисления встречаются скопления пигмента, пригодного для получения минеральных красок коричневых тонов.

### *Уральский экономический район*

В пределах Уральской металлогенической провинции выявлено большое число собственно баритовых и комплексных сульфидно-баритовых месторождений и рудопоявлений, отнесенных различными исследователями к осадочному, вулканогенно-осадочному, гидротермальному и гипергенному генетическим типам. Промышленные месторождения барита выявлены только на Южном Урале вдоль Магнитогорского мегасинклиория и связаны в основном с колчеданными (вулканогенно-осадочными и гидротермальными) месторождениями, в которых барит является попутным полезным компонентом.

Из известных на Южном Урале колчеданных барит-полиметаллических месторождений наиболее изученными являются Березовское в Свердловской области, Джусинское, Гайское в Оренбургской области, Молодежное, Муртазинское и Северо-Кузнецихинское в Челябинской области. Колчеданные месторождения Южного и Среднего Урала с баритовой минерализацией тяготеют к не широкой полосе зеленокаменных пород спилит-кератофировой

формации, протягивающейся по восточному склону Урала примерно на 1000 км.

Осадочные (Кужинское и др.) и гидротермально-метасоматические (Медведевское и др.) собственно баритовые месторождения выявлены на западных склонах Южного Урала и в геологическом плане тяготеют к Башкирскому мегантиклинорию. Здесь в последние годы выявлены три баритовых района: Авзянский (Бретьякское и Ирлинское месторождения и ряд рудопроявлений), Бурзянский (Кужинское предварительно разведанное месторождение и ряд рудопроявлений) и Зигазино-Комаровский (ряд рудопроявлений). По минеральному составу баритовые руды в Башкирском мегантиклинории подразделяются на собственно баритовые и железо-баритовые, в составе которых в небольшом количестве присутствуют пирит, галенит и сфалерит. Баритовое оруденение на Урале локализовано среди кембро-ордовикских, силурийских, девонских и нижнекаменноугольных отложений.

На Южном Урале известны остаточные (в коре выветривания) месторождения (Медведевское, Бретьякское, Ирлинское и др.), которым сопутствуют элювиально-делювиальные россыпи. Промышленный интерес могут представлять остаточные месторождения, приуроченные обычно к глинистым оврагам коры выветривания в виде крупных линзовидных и гнездовых скоплений барита.

### *Западно-Сибирский и Восточно-Сибирский экономические районы*

Эти районы характеризуются многочисленными осадочными, вулканогенно-осадочными, гидротермальными и гипергенными баритовыми месторождениями, которые в геотектоническом плане в основном приурочены к зонам палеозойской складчатости Алтае-Саянской металлогенической провинции.

Основной промышленный интерес здесь представляют колчеданные барит-полиметаллические месторождения вулканогенно-осадочного генезиса, сосредоточенные в северо-западной части Рудного Атая (Зареченское, Среднее, Змеиногорское, Степное и др. в Алтайском крае, Орловское, Белоусовское, Золотушинское, Березовское и др. в Восточном Казахстане), на Салаире (Кварцитовая Сопка, Первомайское, Спорное, Александровское, Самойловское и др. в Кемеровской области).

В Рудном Алтае колчеданные барит-полиметаллические месторождения тяготеют к подвижным зонам герцинид, наложенным на каледонские складчатые структуры. Рудные тела представлены пластами, линзообразными и лентообразными залежами, жилами, трубами и т. п. Из большого разнообразия форм рудных тел наибольшую промышленную ценность представляют обычно согласные, стратиформные залежи, на долю которых приходится основная часть запасов баритовых руд.

На Салаире колчеданные барит-полиметаллические месторождения размещаются в нижнекембрийской вулканогенно-осадочной

толще, в которой широко развиты нижнекембрийские вулканиты и прорывающие их субвулканические тела кислого состава. Форма рудных тел чаще сложная линзообразная.

В Восточно-Тувинском нагорье колчеданное барит-полиметаллическое оруденение в основном локализовано вдоль Улугуйского шовного прогиба; протяженность его 150 км, ширина 40—50 км.

В Восточной Туве известные промышленные колчеданные барит-полиметаллические месторождения (Кызыл-Таштыгское, Дальнее и др.) приурочены к спилит-кератофировой формации нижнего кембрия. Кроме того, в Восточной Туве выявлено Карасукское гидротермально-метасоматическое флюорит-барит-целестин-железородное месторождение, образование которого связывается с линейной зоной карбонатитов, контролируемой крупным разломом. Формирование его обусловлено герцинским тектоническим циклом активизации древних структур, хотя заложение разлома относится еще к каледонскому циклу.

Жильные кварц-баритовые и баритовые месторождения широко распространены в Хакасской автономной области. Некоторые из них разрабатывались до 1942 г. Из эксплуатировавшихся месторождений Саксырское и Тирексуйское тяготеют к гранитам верхнекаледонского возраста, а Топтан-Туразы, Чапсордаг, Малосырское и Базыньское — к осадочно-эффузивной толще девона. При этом промышленное оруденение барита ограничено участками жил, находящимися в однородных массивах интрузивных пород или в мощных телах эффузивов. Содержание барита в отдельных жилах месторождений составляло от 60 до 97%; барит отличался высоким качеством. Верхние горизонты большинства баритовых жил отработаны только до глубины 20—30 м.

В пределах восточных склонов Кузнецкого Алатау и прилегающих частей Минусинской котловины известно большое число слабоизученных проявлений барита. По условиям образования они делятся на гидротермальные и осадочные, по форме залегания — на жильные, гнездообразные и пластовые.

### *Дальневосточный экономический район*

В этом районе не выявлено промышленных месторождений барита, что скорее всего объясняется недостаточным вниманием к этому виду сырья. В Восточном Забайкалье некоторый интерес представляют жильные кварц-барит-флюоритовые месторождения (Усуглинское, Абагайтуйское, Бугутурское и др.). В последнее время в центральной части Главного Сихотэ-Алинского синклинория установлены баритовые рудопроявления Туманное, Татибе и др. Здесь же зафиксировано колчеданное оруденение, связанное с верхнепалеозойскими ( $C_1$ — $C_3$  и  $P_1$ ) вулканогенно-осадочными отложениями.

Для кварц-барит-флюоритовых месторождений Восточного Забайкалья, а также аналогичных месторождений Казахстана (Бадамское) и Средней Азии (Наугарзан и Агата-Чибаргатинское)

характерно то, что барит в них представляет собой попутный компонент (содержание  $BaSO_4$  колеблется от 1 до 28%); промышленное значение имеют флюорит или свинец и цинк. Этот тип месторождений большинством исследователей относится к мезо-эпитермальным и в основном проявляется в пределах позднекиммерийских и альпийских зон активизаций каледонских или герцинских структур. Промышленное извлечение и использование барита этих месторождений пока еще недостаточное, в то время как сходные месторождения зарубежных стран (ФРГ, Франция, Канада и др.) в добыче барита как попутного компонента играют существенную роль.

Баритовые проявления предположительно осадочного генезиса (Татибе, Туманное и Веселое) в последние годы обнаружены в центральной части Сихотэ-Алиня. Район баритовых проявлений сложен осадочными отложениями верхнетриасового, юрского и нижнемелового возраста. Последние прорваны гранитоидами нескольких этапов киммерийского цикла и перекрыты верхнемеловыми вулканитами. Рудопроявления представлены баритизированными пластообразными залежами, тяготеющими к подошве порфиритового покрова и подстилающего его горизонта глинистых сланцев мелового возраста. В баритизированных сланцах выделяются линзы барита, иногда с ореолами вкрапленности сульфидов свинца, цинка и ртути.

### *Северо-Кавказский экономический район*

В районе выявлено большое число обычно мелких баритовых месторождений и рудопроявлений гидротермального, вулканогенно-осадочного и осадочного генезиса, которые сосредоточены в основном в Белореченско-Лабинском, Верхне-Кубанском, Зеленчукском, Малкинском, Арденском и Аргунском рудных районах.

Перечисленные баритоносные районы расположены между р. Белой на западе и р. Баксан на востоке. Наиболее интересные баритовые месторождения приурочены к западной части полиметаллического пояса Предкавказья, сформировавшегося на протяжении поздней стадии герцинского и в течение киммерийского тектоно-магматических циклов.

В Белореченско-Лабинском рудном районе известны многочисленные проявления баритовой минерализации (в том числе несколько промышленных месторождений), среди которых наибольший интерес вызывает находящееся в разведке жильное сульфидно-баритовое Белореченское месторождение.

В Зеленчукском рудном районе наибольший интерес представляют Архызское и Кизельчукское жильные месторождения барита, расположенные в междуречье Большого Зеленчука и Кяфара. Месторождения частично обработаны. Некоторый интерес в будущем может представить Кизельчукское месторождение, на котором в 1965—1967 гг. разведана система кулисообразно расположенных баритовых, кальцит-баритовых и кварц-баритовых жил

и прожилков, в том числе 19 относительно крупных, выполняющих трещины и зоны брекчирования в эффузивах карбона. Падение жил и зон брекчирования крутое, близкое к вертикальному. Мощность баритовых жил от нескольких сантиметров до нескольких метров; содержание  $BaSO_4$  от 40 до 90% (среднее 60%).

В Верхне-Кубанском рудном районе проявления баритовой минерализации известны с конца прошлого века. В 1930 г. проведена разведка части баритовых жил, а затем и добыча на Алык-Башинском месторождении. В окрестностях этого месторождения в породах нижнеюрского возраста баритовая минерализация хотя и проявлена довольно широко, но промышленных концентраций не образует.

Некоторый интерес в Верхне-Кубанском районе представляет Эльбрусское рудное поле с полиметаллическим оруденением, где барит иногда является основным жильным минералом (жила «Баритовая» и некоторые др.). Длина поля до 7 км, ширина — около 2 км.

При изучении и отработке баритовых месторождений Верхне-Кубанского района было установлено, что баритовые жилы по падению сменяются кварцевыми и кальцитовыми. Эта смена минерального состава жил происходит примерно в 100—150 м ниже базального горизонта нижней юры, трансгрессивно перекрывающего палеозойские породы.

В Малкинском рудном районе барит известен в составе руд Чочу-Кулачского и Тызыльского полиметаллических месторождений, а также в баритовых, кальцит-баритовых и кварц-баритовых жилах и прожилках, как в пределах рудных полей названных месторождений, так и вне связи с полиметаллическим оруденением. Жилы с баритом чаще всего секут палеозойские граниты, реже размещаются в метаморфических породах нижнего палеозоя.

В Арденском рудном районе, составляющем восточный фланг полиметаллического пояса Северного Кавказа, баритовая минерализация встречается в многочисленных полиметаллических месторождениях но, по имеющимся материалам, не достигает здесь концентраций, представляющих интерес для промышленности.

В Аргунском рудном районе зафиксированы мелкие баритовые жилы в известняках юрского возраста в пределах высокогорного района верховий р. Шаро-Аргун.

По данным Г. А. Твалчрелидзе и Л. П. Харчук (1962 г.), основные месторождения барита на Северном Кавказе гидротермальные и вулканогенно-осадочные располагаются в пределах древнего домезозойского субстрата зоны Передового хребта. При этом баритовое оруденение, как и свинцово-цинковое, более широко проявилось в нижнем, доюрском, структурном этаже и заметно затухает в пределах последнего. Некоторые исследователи полагают, что баритовая минерализация в юрских породах является продуктом «переотложения рудного вещества» из нижних горизонтов вдоль обновленных палеозойских разломов. На большинстве баритовых месторождений наблюдается постепенная смена

(сверху вниз) баритового оруденения свинцово-баритовым и свинцово-цинковым. Большинство исследователей Северного Кавказа считают, что проявление баритовой минерализации здесь связано с позднегерцинской и киммерийской эпохами тектоно-магматической активизации древней консолидированной структуры.

### *Юго-Западный экономический район (Украинская ССР)*

Промышленные баритовые руды к настоящему времени разведаны только в Закарпатской области. Баритовая и барит-полиметаллическая минерализация здесь приурочена к нижнесарматским вулканитам (риолитовым туфам и ксенотуфам), переслаивающимся с резко подчиненными аргиллитами и песчаниками. Отложения эти собраны в пологую антиклинальную складку, осложненную складками второго порядка. Баритовые и барит-полиметаллические рудные тела контролируются крутопадающими тектоническими зонами, имеющими субмеридиональное простирание. Вмещающие рудные тела риолитовые туфы и ксенотуфы заметно изменены гидротермальными и фумарольно-сульфатарными растворами.

В последние годы в Закарпатье в пределах Чивчинского кристаллического массива выявлен ряд барит-полиметаллических рудопроявлений (Баласуновское, Прилукское и др.). Многие исследователи Чивчинский кристаллический массив считают весьма перспективным в отношении обнаружения полиметаллов и барита. В тектоническом отношении этот район охватывает северное крыло и осевую часть внутреннего антиклинория Карпат, в котором выделяется ряд продольных тектонических зон, разделенных глубинными разломами. Ядро антиклинория составляет Мармарошский кристаллический массив, в восточной части которого на территории Румынии известны колчеданно-баритовые месторождения, локализованные в кристаллических сланцах. Баритовые тела здесь согласно залегают в регрессивно преобразованных кристаллических сланцах докембрийского или нижнепалеозойского возраста. Размеры рудных тел весьма изменчивы как по простиранию, так и по падению, часто разлинзованы и буднированы. Мощность залежей колеблется от нескольких сантиметров до 7 м.

### *Закавказский экономический район (Грузинская ССР, Армянская ССР и Азербайджанская ССР)*

Баритовые месторождения и рудопроявления, в основном гидротермального и вулканогенно-осадочного генезиса, в этом районе широко распространены.

На территории Грузии выявлено более 80 месторождений и рудопроявлений барита, расположенных в западной и восточной ее частях. На западе Грузии баритовые месторождения локализованы на обширной площади от ущелья г. Бзыбына на юго-западе до Сурамского хребта на северо-востоке. Они известны и в предгорье Большого Кавказа на севере и в Дзирульском мас-

сиве на юге. На востоке Грузии баритовые месторождения известны главным образом в бассейне Мишавары.

Баритовые месторождения Грузии локализируются в складчатых структурах южного склона Большого Кавказа, в полях развития доломитов (в Западно-Абхазской и Северо-Абхазской подзонах) и в Болнисской зоне Артвинско-Сомхитской глыбы. Промышленное значение имеют пластообразные баритовые месторождения в доломитизированных известняках лузитана (Апшринское) и колчеданные барит-полиметаллические месторождения (Маднелульское) в вулканогенно-осадочной свите верхнего мела. Из жильных широко известны месторождения Чордское и Кутаисской группы, залегающие в основном в вулканогенной толще байоса. В последнее время баритовое оруденение установлено также в более молодых тектонических нарушениях (месторождение Квайса). Простирание баритовых жил обычно совпадает с направлением общекавказских складок и тяготеют они главным образом к крыльям складок. В ядрах синклиналей и в сводах антиклиналей жилы редки.

На территории **Азербайджана** баритовые месторождения представлены гидротермальными жилами. Другие генетические и морфологические типы здесь не выявлены. Среди 10 известных месторождений промышленное значение до 1971 г. имели только два — Чавдорское и Башкишлакское. Баритовые жилы этих месторождений выполняют трещины крутого падения. Протяженность трещин до 15 км и более. Рудные тела однако имеют линзовидное строение и прослеживаются по простиранию на 20—50 м, а по падению от 15 до 25 м. Мощность их колеблется от 0,1 до 2 м и более. Средняя мощность ранее эксплуатировавшихся промышленных жил не превышала 0,5—1,0 м. Содержание  $\text{BaSO}_4$  70—95%,  $\text{SiO}_2$  от 2 до 12%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,054% и  $\text{CaO}$  0,94%. Текстура жил полосчатая и брекчиевидная.

Большая часть жильных баритовых месторождений в Азербайджанской ССР располагается в широкой полосе северо-западного простирания, совмещенной с выходами гранодиоритовых интрузий, начиная от Грузинской ССР на западе до бассейна Теотера на востоке. Вмещающими являются породы вулканогенной толщи ниже- и среднеюрского возраста, частично мелового (бассейн Тауз-Чая, Чавдорское месторождение). Генетически они связываются с послемагматическими процессами, завершившими внедрение комплекса гранодиоритов, которые прорывают нижнеюрскую вулканогенную толщу. Возраст этих интрузий определяется концом сармата и меотисом.

На территории **Армении** известно более 20 собственно баритовых (преимущественно жильных) месторождений и проявлений и три колчеданных барит-полиметаллических. Детально разведаны Ахтальское, Уч-Кулисинское и Акоринское месторождения. Руды Уч-Кулисинского месторождения в основном выработаны, Ахтальское месторождение в настоящее время эксплуатируется; барит добывается попутно с полиметаллическими рудами.

Жильные баритовые месторождения Армении (за исключением Уч-Кулисинского) являются мелкими и промышленного значения не имеют. Основная особенность их — приуроченность к толщам эффузивных, эффузивно-осадочных и пирокластических пород преимущественно юрского возраста. Вмещающие баритовое оруденение толщи обычно прорваны интрузиями гранит-порфиров. Мощность баритовых жил колеблется от долей до 1,7—2 м, реже более, а длина их достигает 300 м. Минеральный состав жил прост; в основном они состоят из барита, кальцита, кварца, реже отмечаются халькопирит, галенит, сфалерит, малахит и азурит. С глубиной количество кварца в жилах увеличивается, а содержание барита уменьшается от 90—95% до 1,5—6%. Характерным для жильных месторождений Армении, так же как и Грузии и Азербайджана, является то, что подавляющее большинство жил связано в основном со сбросо-сдвиговыми нарушениями, при этом амплитуда смещения по ним колеблется от нескольких до 30 м и более.

Типичным представителем колчеданных барит-полиметаллических месторождений является Ахтальское, имеющее линзовидную и лентообразную форму рудных тел, согласную с вмещающими породами. Оно находится в хорошо изученном Алаверды-Ахтальском рудном районе. Кроме него в этом же рудном районе заслуживают внимания Шамлугское и Алавердское колчеданные месторождения, содержащие в рудах существенные количества барита. В отличие от Ахтальского, Шамлугское месторождение имеет комбинированную форму тел (залежи, жилы, штокверки и пр.). Пологие залежи на глубине обычно переходят в штокверки сложной формы или в секущие жилы. Центральные части рудных тел характеризуются медноколчеданным оруденением; главными минеральными формами являются пирит, халькопирит, барит, теннантит. В верхних частях рудных тел им сопутствует гипс. На флангах отдельных рудных тел кроме перечисленных минералов в ощутимых количествах появляются сфалерит и (как примесь) галенит. Барит встречается также во вмещающих породах — туфобрекчиях порфиритов и порфиритах; обычно в виде линз, неправильной формы гнезд и прожилков.

В заключение еще раз подчеркнем, что в геотектоническом отношении основные баритовые месторождения Кавказа располагаются в пределах древнего домезозойского субстрата зоны Передового хребта (Северный Кавказ) и в более молодых (Гагринско-Джавской) наложенных геосинклинальных зонах (Закавказье).

### *Казахстанский экономический район*

На территории Казахстана выявлено более 200 месторождений и рудопроявлений барита, которые занимают ведущее место по разведанным запасам и добыче барита в СССР. Месторождения барита здесь представлены весьма разнообразными мине-

ральными и генетическими типами. Однако ведущими промышленными месторождениями являются вулканогенно-осадочные, собственно осадочные и гидротермальные.

По минеральному составу баритовые месторождения Казахстана подразделяются на собственно баритовые (Джалаирское, обособленные участки в полях месторождений Туюкского, Бестюбинского и Жайремского) и комплексные сульфидно-баритовые (Бестюбинское, Туюкское, Ушкатын, Орловское и многие др.), в которых основные компоненты — полиметаллы. Месторождения с сульфидно-баритовым типом руд имеют основную промышленную ценность.

Как известно, Казахстан представляет собой типичную складчатую область бициклического геосинклинального развития земной коры, в которой выделяются каледонский (до силура) и герцинский (до перми) тектоно-магматические циклы. С учетом геологического строения и генетических особенностей проявления баритового оруденения его можно подразделить на три области: Центральный, Восточный и Южный Казахстан. Главное отличие их заключается в различном проявлении герцинских тектоно-магматических процессов, с которыми связаны основные промышленные месторождения барита вулканогенно-осадочного генезиса. Герцинский тектоно-магматический цикл практически проявился на всей территории Казахстана, но в разной форме: в Южном и Центральном Казахстане он протекал в обстановке, переходной от геосинклинальной к платформенной, и преимущественно выражен в структурах активизации каледонид, а в Восточном Казахстане (Горный и Рудный Алтай) — в условиях геосинклинального режима.

Несмотря на существенные геологические различия, характерным для территории Казахстана является то, что в течение герцинского тектоно-магматического цикла происходило внедрение сходных по составу интрузий во всех областях, давших более или менее однотипные эндогенные месторождения полезных ископаемых.

Центральный Казахстан является наиболее изученным. По данным многих исследователей (Г. Н. Щерба и др., 1967 г.; Рождественский и др., 1972 г.), здесь отчетливо выделяются два геосинклинальных периода: ранне- и средне-позднепалеозойский (троги I и II генераций).

По особенностям баритового оруденения в Центральном Казахстане выделяются три площади в пределах: Джунгаро-Балхашской герцинской ( $D_2-C_1$ ) геосинклинали, Бошекуль-Баянского рудного района с преимущественным развитием каледонид (отложения  $St-D_1$ ) и Западно-Балхашского и Байканур-Ишимского синклиналиев.

В пределах Джунгаро-Балхашской герцинской геосинклинали преобладают барит-полиметаллические месторождения преимущественно вулканогенно-осадочного и гидротермально-метасоматического генезиса. Казахстанскими геологами по структурно-

тектоническим признакам ореолы распространения этих месторождений объединяются в крупный Атасуйский рудный район (Жайремский и Бестюбинский рудные узлы) и четыре рудные зоны — Успенскую (Успенский и Каргайлинский рудные узлы), Уралбайскую (Кайрактинский и Баска-Картабастский рудные узлы), Спасскую (Джалаирский рудный узел) и Акбастускую (Узенжальский рудный узел).

В пределах Бошекуль-Баянского рудного района выделяется условно три рудных узла — Майкаинский, Торткудукский и Сувенирский, не считая ряда слабо изученных рудопроявлений барита на других площадях. В районе преимущественно развиты каледонские структуры и слабо проявлены наложенные структуры герцинской активизации. В отличие от Джунгаро-Балхашской площади, где баритовые месторождения в основном стратиформные вулканогенно-осадочные, в Бошекуль-Баянском рудном районе преобладает гидротермальная барит-полиметаллическая минерализация.

На площадях Западно-Балхашского и Байканур-Ишимского синклиналиев, т. е. в пределах миеосинклинальной зоны, сложенной в основном кембро-силурийскими отложениями, выявлено большое число баритовых рудопроявлений и одно крупное Чиганакское месторождение предположительно осадочного генезиса.

Восточный Казахстан включает складчатую область Рудного Алтая, которая по особенностям геологического строения и условиям проявления баритовой минерализации обнаруживает много общих черт с Центральным Казахстаном. Здесь также выделяются два геосинклинальных цикла — каледонский (S—D<sub>1</sub>) и герцинский (D<sub>1</sub>—C<sub>1</sub>).

В герцинском эвгеосинклинальном прогибе, наложенном на каледонский фундамент, выявлены стратиформные доскладчатые колчеданные барит-полиметаллические месторождения (Орловское, Белоусовское, Зыряновское, Лениногорское, и др.). Прогиб выполнен преимущественно морскими вулканогенно-осадочными толщами девона и нижнего карбона, образующими нижний структурный ярус герцинской складчатой системы. Средняя стадия (C<sub>2</sub>—C<sub>3</sub>) развития герцинской геосинклинали характеризовалась внедрением крупных батолитов гранитоидов, а поздняя (конец палеозоя) — внедрением малых интрузий вдоль обновленных древних и наложенных разломов. Некоторые исследователи жильные и метасоматические гидротермальные баритовые и барит-полиметаллические месторождения этой области связывают с этапом внедрения малых интрузий.

Южный Казахстан в геолого-тектоническом отношении охватывает северную часть Тянь-Шаньской складчатой области. Здесь известно более 20 месторождений и рудопроявлений барита различных генетических классов. Наиболее изученными являются барит-полиметаллические — Каратауская группа и Миргалымсайское, относимые большинством исследователей к осадочным, а также Туюкское барит-полиметаллическое месторождение

первоначально осадочного генезиса, преобразованное наложенным гидротермальным процессом. Типично гидротермальным является Бадамское барит-флюоритовое месторождение.

Каратауская группа осадочных барит-полиметаллических месторождений изучена недостаточно. Рудные горизонты в Большом Каратау прослеживаются от Шалкии на западе до Байджансая на востоке на большом протяжении. Общая мощность рудовмещающей карбонатной толщи верхнего девона — нижнего карбона здесь 2500—3000 м, а мощность рудоносной нижней части колеблется от 500 до 1500 м. Оруденение приурочено к фаменским карбонатным отложениям или нижнетурнейским доломитам.

Фациально-палеогеографическими исследованиями установлено, что благоприятными для рудоотложения свинца, цинка и барита в Большом Каратау являлись стыки определенных палеогеографических зон (бассейнов кальцито- и доломитообразования), отличавшихся гидродинамикой и гидрохимией вод. Не исключено, что зонами раздела таких бассейнов были долгоживущие тектонические элементы глубокого заложения.

Барит-полиметаллическое оруденение чаще всего локализовано в зоне перехода турланской (известково-мергелистой) фации в кызылатинскую (известково-доломитовую). Формирование рудоносных отложений происходило в открытом мелководном морском бассейне в этапы крупных трансгрессий. Поэтому площадь их распространения контролируется периферическими зонами внутрибассейновых отмелей, в которых развиты рифовые массивы и острова. Так как рудопроявления в Большом Каратау располагаются внутри мощных геосинклинальных толщ, они в большинстве своем после прогибания трога оставались на глубине. В то же время отмечается (Богданов, Кутырев, 1970), что среднепалеозойские месторождения Большого Каратау выведены к поверхности благодаря интенсивным перемещениям вдоль Таласо-Ферганского регионального разлома в позднем палеозое, мезозое или даже в период кайнозойской активизации.

*Среднеазиатский экономический район (Узбекская ССР, Таджикская ССР, Киргизская ССР и Туркменская ССР)*

В районе известно сравнительно много баритовых месторождений и проявлений осадочного, вулканогенно-осадочного и гидротермального генезиса. Формирование их связано как с герцинским, так и киммерийским и альпийским тектоно-магматическими процессами. В геологическом отношении этот экономический район охватывает сложную и неоднородную Тянь-Шаньскую складчатую область (Западный Узбекистан, Таджикистан и Киргизия) и горную цепь Копетдаг (Туркмения).

На территории **Узбекистана** известно более 36 месторождений и рудопроявлений барита. Из них три флюорит-баритовые (Агата-Чибаргатинское, Наугарзан и Кичик-Арсаган), одно колчеданное барит-полиметаллическое (Танаберды), одно барит-полиме

таллическое (Уч-Кулачское) и 14 жильных кварц-баритовых (Айканушса, Кызыл-Нурынское, Кугинак и др.). Хорошо изучено Уч-Кулачское осадочно-вулканогенное месторождение. Гидротермальные жильные и метасоматические месторождения флюорит-баритового состава на барит изучены слабо и требуют дальнейшей оценки, прежде всего обогатимости руд на баритовый концентрат в заводских условиях. Недостаточно изучено на барит также колчеданное барит-полиметаллическое месторождение Та-наберды. Остальные 33 месторождения не получили определенной оценки; по размерам они не представляются перспективными.

В последние годы в горах Букантау на площади в 350 км<sup>2</sup> выявлено 11 линзовидных, согласных с вмещающими известняками залежей барита и семь баритизированных тел известняков. Все выявленные баритовые проявления локализованы в карбонатном горизонте девона на границе с эффузивами тубабергенской свиты нижнего карбона. В геотектоническом отношении баритовые проявления тяготеют к зоне синклиналичного прогиба, усложненно более мелкой складчатостью и разбитого серий широтных разрывных нарушений. Наиболее крупным из них является надвиг, идущий вдоль гряды известняков по их северному контакту.

Следует также отметить, что в Узбекистане известны баритовые проявления осадочного генезиса и более молодого возраста. Так, например, в юго-восточной части Ферганской впадины, на левом склоне долины р. Араван, среди красноцветной конгломерато-песчано-глинистой толщи нижнего мела отмечаются конкреции барита сферической, эллипсоидальной, бочонкообразной и неправильной формы величиной до 5—15 см в диаметре. Конкрекции барита располагаются вдоль плоскости сланцеватости в виде цепочек между зеленовато-серыми и коричневыми пластичными глинами и вышележащими грубозернистыми бурыми песчаниками и гравелитами. Иногда встречаются прожилки барита мощностью 1—5 см, согласно залегающие с вмещающими породами. Поверхность конкреций барита ребристая, а внутреннее строение концентрическое, подчеркнутое удлиненными игольчатыми кристаллами радиально-лучистого, сноповидного или ельчатого строения. Отдельные кристаллы барита со слабой и грубой штриховкой перпендикулярно удлинению достигают 5 см. Часто кристаллы барита искривлены в процессе роста. Конкрекции барита являются эпигенетическими. Образовались они только в определенных горизонтах — в красноцветной конгломерато-песчано-глинистой толще нижнего мела.

На территории **Киргизии** известно 14 месторождений и рудопроявлений барита гидротермального генезиса, из них 10 баритовых, одно флюорит-баритовое, два кварц-баритовых и одно барит-полиметаллическое. В настоящее время промышленный интерес представляют только три месторождения: детально разведанное барит-полиметаллическое Арсы и два перспективных баритовых рудопроявления Тюндюк и Табылгаты, открытых в

последние годы. Рудопроявление Тюндюк расположено в 90 км от ж.-д. ст. Рыбачье, а Табылгаты в 240 км. Оба рудопроявления являются жильными мономинерально-баритовыми, приурочены к зоне тектонических разломов в отложениях ордовика. Образование их связано с выполнением тектонических нарушений гидротермальными растворами.

Рудопроявление Тюндюк представлено тремя крупными жилами барита протяженностью до 174 м, мощностью от 0,5 до 6,5 м (в раздуве до 13 м) и 25 мелкими жилами протяженностью от 7 до 46 м, мощностью от 0,2 до 2 м (в раздувах до 4—5 м). Содержание  $BaSO_4$  в жилах колеблется от 85 до 95%. Барит тонкокристаллический белого и серовато-белого цвета, местами полупрозрачный. По качеству относится к первому сорту, с содержанием сульфата бария в среднем 90% и незначительным содержанием кремнезема (до 5%).

Рудопроявление Табылгаты представлено жилой барита протяженностью 330 м и мощностью от 0,5 до 7 м. Барит в основном мелко- и среднекристаллический, серого и серовато-белого цвета, с линзами сахаровидно-белой мелкокристаллической разновидности. Содержание  $BaSO_4$  в руде колеблется от 70 до 91,2%.

В целом мономинеральные баритовые рудопроявления Киргизии приурочены главным образом к зонам тектонических разломов, в которых выполняют трещины или цементируют брекчии. Жилы залегают в основном в осадочно-метаморфических породах среднего и нижнего палеозоя, представленных серицит-хлоритовыми сланцами, алевролитами, песчаниками и известняками, туфами кварцевых порфиров; реже они локализованы в кремнистых сланцах кембрия и в варисских порфировидных гранитах и сиенитах.

На территории **Таджикистана** известно 33 гидротермальных рудопроявления барита, из них детально разведаны два барит-полиметаллических (Баритовая Горка и Музбекское) и предварительно разведано одно флюорит-баритовое (Ак-Могольское). Из остальных рудопроявлений 18 кварц-баритовых, два кальцит-баритовых, одно барит-полевошпатовое и девять мономинеральных баритовых. Очевидно они, так же как и разведанные рудопроявления, являются мелкими по запасам барита. Гидротермальные рудопроявления по возрасту относятся к позднегерцинским.

На территории Таджикской ССР установлены и более молодого возраста баритовые рудопроявления осадочного генезиса. Так, в верхнеюрских карбонатных отложениях Южно-Таджикской депрессии известны три горизонта с повышенным содержанием барита: первый в основании бат-келловейской, второй в основании келловей-оксфордской и третий в основании оксфорд-титонской ритмосвит. В первом баритоносном горизонте, сложенном прибойно-обломочными песчаниками, глинами и известняками, барит наблюдается в цементе пород. Концентрация барита увеличивается с юго-запада на северо-восток от 0,1—1 до 0,2—3%.

Характер осадков второго баритоносного горизонта аналогичен первому; содержание  $BaSO_4$  также увеличивается с юго-запада на северо-восток и колеблется от 0,13 до 13,71%. Третий баритоносный горизонт, сложенный битуминозными известняками, содержит  $BaSO_4$  от 0,1 до 0,7%; выделяется только в юго-западных отрогах Гиссарского хребта.

Локализация барита в определенных стратиграфических горизонтах, протягивающихся по всей Южно-Таджикской депрессии, свидетельствует о его сингенетичном накоплении, а данные о формах и характере нахождения барита в породах — о его перетолжении. Барит во всех трех горизонтах верхнеюрских карбонатных отложений концентрировался в прибрежных осадках. Источником накопления бария служили продукты разрушения кислых интрузий и сопутствующих им баритовых жил северо-западной части Гиссаро-Дарвазского хребта. По мнению М. А. Алтаева, А. А. Богоявленской и И. Д. Капустянского (1966 г.), баритоносные горизонты, установленные в Южно-Таджикской депрессии, могут служить геохимическими реперами для корреляции разрезов верхнеюрских отложений.

На территории **Туркмении** известно более 100 гидротермальных, в основном жильных месторождений и рудопроявлений барита, расположенных в пяти районах: Туаркыр (Кызыл-Кая), Большой Балхан (Нуры-Мерген-Сай), Кюрендаг (Данатанская антиклиналь), Западный Копетдаг и Гаурдак-Кугитангский.

Самым крупным районом локализации барит-витеритового оруденения является Западный Копетдаг, где выявлено более 70 гидротермальных баритовых и барит-витеритовых месторождений и рудопроявлений. Из них более или менее изученных только 20, в том числе 14 барит-витеритовых, пять витеритовых и одно барит-полиметаллическое. Приурочены они к верхам нижне-меловой песчаниковой свиты.

В остальных районах баритовые и барит-витеритовые жильные рудопроявления также тяготеют к определенным стратиграфическим горизонтам: в Туаркыре это среднепалеозойская сланцевая толща, в Большом Балхане и Гаурдак-Кугитангском районах — верхнеюрская карбонатная толща, а в Кюрендаге — верхи нижне-меловой песчаниковой толщи.

В жилах наиболее распространенными минералами являются барит, витерит, лимонит, галенит, сфалерит, самородная сера, гипс, ангидрит, калиевые и натриевые соли, киноварь и др. Контакты между рудными залежами и вмещающими породами резкие. Это доказывает, что рудоносные растворы проникали в открытые трещины, слабо реагируя с окружающими породами. На некоторых баритовых месторождениях Западного Копетдага совместно с баритом и витеритом присутствуют сульфиды — галенит и сфалерит, а в нижних частях отдельных месторождений — также сульфиды меди. Некоторые исследователи считают, что барит-витеритовые месторождения Туркмении являются «шляпами» полиметаллических и медных рудопроявлений. Ни одно ме-

сторождение барита и витерита Туркмении до настоящего времени на глубину не изучено. Поэтому для проверки этой гипотезы необходимо продолжить изучение барит-витеритовых жил на глубину.

Большинством исследователей возраст гидротермального барит-витеритового оруденения в Копетдаге считается нижнеплиоценовым, при этом решающее влияние на локализацию оруденения оказал стратиграфо-литологический контроль. Барит-витеритовое оруденение сосредоточено в основном в толще песчаных пород альба; перекрывающие их глинистые сланцы служили экраном для рудообразующих растворов.

Минералого-геохимическое сравнение барит-витеритовых месторождений Кюрендага и Западного Копетдага с соседними Закавказскими баритовыми месторождениями указывает на увеличение стронция в баритах и витеритах по мере продвижения с запада на восток. Например, содержание стронция в грузинских и азербайджанских баритовых месторождениях не превышает десятых долей процента; в кюрендагских же баритах оно доходит до 1—1,5%, а в западно-копетдагских — более 2,5%.

Заканчивая краткий обзор географического размещения и геологических позиций баритовых месторождений и рудопроявлений на территории Советского Союза, нельзя не остановиться на зафиксированных баритовых проявлениях на Русской платформе в Камско-Бельском авлакогене, в западной части Украинского щита в пределах Большого Донбасса, на Сибирской платформе, в Тюменской и Иркутской областях, Красноярском крае и на Алдане.

В Камско-Бельском авлакогене баритопоявление прослеживается в широком стратиграфическом интервале (от базальной тюрюшовской свиты до зиганской свиты включительно). Особенно в заметных количествах барит характерен для надеждинской и штандинской терригенно-карбонатных свит рифея. В отдельных случаях повышенное содержание барита отмечается в базальных слоях венда.

В пределах Большого Донбасса, в бассейнах Мокрой Волноухи и Кальмиуса баритовое оруденение выявлено на пяти участках. Представлено оно мелкими жилами и прожилками, сложенными баритом, кальцитом, флюоритом, кварцем, пиритом, халькопиритом, сфалеритом и галенитом. Жилы и прожилки располагаются в зонах крупных разломов на расстоянии десятков и первых сотен метров от главных тектонических нарушений. В тех же пунктах нередко фиксируются выходы малых интрузий гранитоидов.

По условиям образования отмеченные баритоносные участки отнесены к гидротермальным образованиям прожилково-вкрапленного типа.

В Тюменской области, на Полярном Урале, известны Собское и Ханмейское рудопроявления барита гидротермального генезиса. Район сложен осадочными породами нижнекаменноугольного

возраста — криноидными известняками, глинистыми, радиолярными и углистыми сланцами.

Баритовое оруденение локализуется в лежащем боку брекчированных известняков в виде согласной крутопадающей жилы (залежи), вокруг которой отмечается рассеянная баритизация вмещающих пород. Контакты баритовой жилы с вмещающими породами четкие, реже в местах брекчирования расплывчатые. Протяженность жилы 200—240 м, мощность от 0,2 до 5 м. Содержание  $BaSO_4$  в жиле до 86,5%, во вмещающих породах до 1%. Кроме барита в жиле присутствуют  $SiO_2$  от 1,5 до 73%,  $Al_2O_3$  1%,  $MgO$  1,3% и следы  $Mo$ ,  $Pb$ ,  $Zn$  и  $Cu$ .

На Сибирской платформе и ее южном обрамлении известны баритовые рудопроявления в основном гидротермального, реже осадочного генезиса. Жильные гидротермальные проявления барита установлены в нижнем течении Чуни (Чуньское), в бассейне Илимпен (Довокшинское) и на правом берегу среднего течения Нижней Тунгуски (участок Медвежий).

Гидротермальное баритовое оруденение на Алдане и в районе Слюдянки фиксируется в виде изоморфных примесей в ранних кальцитовых карбонатитах и в виде собственных минеральных форм в поздних анкерит-сидеритовых карбонатитах. Самостоятельные минералы барита и целестина, реже баритоцелестина отлагаются в поздних карбонатитах при снижении температуры, падении щелочности и повышении кислородного потенциала карбонатитового процесса. О переносе бария и стронция ювенильными растворами при формировании карбонатитов свидетельствует увеличение в них содержания этих элементов в 5 раз по сравнению с их содержанием в осадочных карбонатных породах.

Рудопроявления барита и целестина осадочного генезиса на Сибирской платформе связаны с карбонатными и мергелисто-карбонатными отложениями кембрия, ордовика и силура. Представлены мелкими гнездами, линзами и линзовидными жилами. Они известны в бассейнах Кулюмбэ, Курейки, Маймечи, Амбардаха, Подкаменной Тунгуски, Чуни, Мархи, Вилюя и Большой Ботуобни, но изучены слабо.

### Генетические и промышленные типы баритовых месторождений

Общепринятой классификации баритовых месторождений ни в СССР, ни за рубежом не имеется. Известные в литературе систематики типов баритовых месторождений составлялись для отдельных территорий, с различными целями и отражали те или иные признаки: морфологические, минералогические, геохимические и генетические.

Наиболее полные классификации баритовых месторождений в Советском Союзе даны в двух работах. В «Требовании промышленности к баритовому сырью» (1963 г.) баритовые месторождения СССР подразделяются на три генетических типа (гидротер-

мальные, осадочные и вторичные) и на шесть минеральных групп (мономинерально баритовую, барит-витеритовую, кварц-баритовую и кварц-барит-кальцитовую, глинистую и песчано-баритовую, кварц-барит-флюоритовую, сульфидно-баритовую). В «Инструкции ГКЗ СССР» (1968 г.) все баритовые месторождения в отношении методики разведки, выбора расстояния между горными выработками и пр. подразделяются на четыре группы: 1) крупные пластообразные и линзообразные залежи, относительно выдержанные по мощности и содержанию барита; 2) крупные жилы, зоны дробления и субпараллельные жилы, рудные столбы, относительно выдержанные по мощности и содержанию барита; 3) единичные жилы и зоны дробления, не выдержанные по мощности и содержанию барита; 4) месторождения коры выветривания и элювиально-делювиальные россыпи. Кроме того, по минеральному составу и текстурно-структурным особенностям руды баритовых месторождений подразделяют на собственно баритовые и комплексные. К собственно баритовым рудам отнесены те из них, в которых барит является единственным полезным ископаемым, а к комплексным — в которых основными полезными ископаемыми в рудах являются сульфиды меди, цинка, или другие полезные компоненты, а барит представляет собой попутный компонент. Последняя классификация применяется в настоящее время при учете запасов баритовых руд. По сути дела она является морфологической и технологической, т. е. отражает особенности баритовой руды в отношении методики разведки и выбора технологии извлечения из нее полезных компонентов.

Накопившийся обширный фактический материал по баритовым месторождениям позволяет в настоящее время предложить единую генетическую и промышленную классификацию баритовых месторождений. Предлагаемая классификация учитывает экономические критерии (запасы, содержание полезных компонентов), вещественный состав руд, структурно-морфологические особенности рудных тел и геологические условия нахождения месторождений (табл. 6). В то же время она подчеркивает поисковые критерии баритсодержащих минеральных комплексов, возможный выбор технологии извлечения барита из комплексных типов руд и другие их особенности.

Прежде всего в классификации выделяются эндогенный и экзогенный комплексы баритовых месторождений, а в каждом комплексе по два генетических класса: в эндогенном гидротермальный (жилые, штокообразные, гнездообразные и неправильной формы метасоматические залежи) и вулканогенно-осадочный (пластообразные, линзообразные, неправильные метасоматические залежи, жилы и прожилки и комбинированной формы рудные тела), а в экзогенном — осадочный (пластовые и желваковые залежи) и гипергенный («железные» шляпы и россыпи).

В целях более рациональной оценки геологических условий местонахождения генетические классы подразделены на группы. Так, например, в гидротермальном классе месторождений выде-

## Генетическая и промышленная классификация баритовых месторождений

Комплекс	Генетический класс	Генетическая группа	Минеральный тип (основной)	Способ образования рудных тел и морфология рудных тел	Геолого-тектонические условия образования	Характер баритовой минерализации	Промышленное значение на барит	Примеры месторождений
Эндогенный	Гидротермальный	Карбонатитовая	Карбонатит-баритовый	Метасоматический и выполнение мелких трещин	На активизированных участках древних и молодых (каледонских и герцинских) платформ, контролируются крупными разломами	Наложенная	Не имеет	Массивы Вуоляярви, Саллаватинский в Карелии, подобные проявления в Западной Сибири (СССР), Африке, Северной Америке
			Редкометалльно-гематит-флюорит-барит-целестиновый	Трубообразные тела, неправильные метасоматические залежи в разрывных структурах	Наложенная и сопутствующая	Крупное. Источник попутного извлечения барита	Карасукское в Туве (СССР), Маунтин-Пасс в Калифорнии и Магнет-Коув в Арканзасе (США)	
		Скарновая	Известковые скарны с баритом	Метасоматический	Эпигеосинклиальные этапы развития складчатых поясов	Наложенная	Не изучено. Барит представляет минералогический интерес	Эль-Поль в Калифорнии (США), Карагайлинское в Казахстане и рудопроявления на Северном Кавказе (СССР)
		Собственно гидротермальная а) плутогенная подгруппа	Баритовый, барит-витеритовый, кварц-баритовый и кварц-кальцит-баритовый  Баритовый, кварц-баритовый и кварц-барит-карбонатный	Выполнение разрывных дислокаций (трещин скола и разрыва). Обычно секущие жилы  Метасоматический (зоны, штокверки, неправильные пластовые залежи и жилы)	Активизация древних и молодых платформ, преимущественно в позднегерцинский и альпийский тектономагматические циклы	Главная рудная (баритовая) стадия минерализации	Среднее и малое. Основные промышленные типы на барит и витерит  Среднее и малое. Основной промышленный тип	Арпакленское и Елы-Су в Туркмении, Чордское, Кутаисская группа и др. в Грузии и Азербайджане (СССР), некоторые месторождения в ФРГ, Болгарии, Турции  Апшринское, Медведевское, Джалаирское (СССР), Енсен-Кён (Турция)

Комплекс	Генетический класс	Генетическая группа	Минеральный тип (основной)	Способ образования рудных тел и морфология рудных тел	Геолого-тектонические условия образования	Характер баритовой минерализации	Промышленное значение на барит	Примеры месторождений
Э н д о г е н н ы й	Гидротермальный	а) собственно гидротермальная плутогенная подгруппа	Барит-флюоритовый и кварц-барит-флюоритовый	Жильный и метасоматический. Выполнение разрывных структур (трещины скола, разрыва, межпластовые надвижки)	Разрывные структуры активизации консолидированных складчатых областей	Наложенная	Малое. Источник попутного извлечения	Бугутурское, Усуглинское, Бадамское, Наугарзанское, Агата-Чибарганское (СССР), Жуне (Югославия), Мор, Таннарен, Эстераль (Франция), Лейк-Эйнсли (Канада) и др.
		б) вулканогенная подгруппа	Баритовый и барит-полиметаллический	Жильный и метасоматический	То же	Наложенная	Крупное. Источник попутного извлечения барита	Беганьское, Белореченское, Туокское (СССР), Барета (Италия)
	Вулканогенно-осадочный	Колчеданная (стратиформная) баритосодержащая вулканогенная и вулканогенно-осадочная	Колчеданный медно-барит-полиметаллический	Линзовидные и лентообразные залежи  Залежи, жилы, штокверки, зоны	Доскладчатые, образовавшиеся в энгеосинклинальных зонах подвижных поясов земной коры (каледонские, герцинские, киммерийские и альпийские тектоно-магматические циклы)	Седиментационная, катагенетическая, наложенная и гидротермальная	То же  »	Салаирская группа, Кызыл-Таштыгское, Ахтыльское и др. (СССР), Мерген (ФРГ)  Молодежное, Джусинское, Гайское, Корбалихинское, Орловское, Беловусовское, Лениногорское и др. (СССР)
	Полиметаллическая (стратиформная) баритосодержащая	Баритовый, барит-полиметаллический и барит-гематитовый	Залежи, жилы, штокверки, зоны и др.	В наложенных геосинклинальных трогах (в герцинских и более молодых) с рудоотложением в морских бассейнах		»	Атасуйская группа месторождений (Жайремское, Туокское, Ушкатын III), Змеиногорское, Петровское, Орлиногорское и др. (СССР), Уолтон (Канада), Халлилимолу (Турция)	

Комплекс	Генетический класс	Генетическая группа	Минеральный тип (основной)	Способ образования рудных тел и морфология рудных тел	Геолого-тектонические условия образования	Характер баритовой минерализации	Промышленное значение на барит	Примеры месторождений
Экзогенный	Вулкано-осадочный	Полиметаллическая (стратиформная барит-содержащая б) телетермально-осадочная (седиментационно-катагенетическая) подгруппа	Баритовый и барит-полиметаллический	Линзовидные и лентовидные залежи	В наложенных геосинклинальных трогах (в герцинских и более молодых) без существенного проявления вулканизма, в открытых мелководных морских бассейнах или в прибрежно-морских условиях	Седиментационная, катагенетическая и наложенная гидротермальная	Крупное. Источник попутного извлечения барита	Миргалимсайское, Уч-Кулакское, Каратауская группа и др. (СССР), месторождения штатов Арканзас и Невада (США)
	Осадочный (хемогенный)	Метаморфизованная  Слабо метафорфизованная	Баритовый  Баритовый и барит-целестиновый	Пласты и линзы, согласные с вмещающими породами  Пласты и линзы, желваки, согласные с вмещающими породами	Осадочные (седиментационно-катагенетические) в платформенных чехлах и в миогеосинклиналях, в морских и прибрежно-морских условиях  Осадочные (седиментационно-катагенетические) в наложенных впадинах (озерные и прибрежно-морские)	Главная рудная (баритовая) стадия минерализации или наложенная (на железомарганцевую или сульфидную минерализацию) гидротермальная  Главная рудная (баритовая) минерализация	Крупное и среднее. Основной промышленный тип  Не изучено. Пока не имеет	Чиганакское, Кужинское, Пальникское (СССР), месторождения штатов Арканзас и Невада (США)  Южно-Мангышлакское и рудопроявления барита в Южно-Ферганской, Южно-Таджикской и других депрессиях (СССР)

Комплекс	Генетический класс	Генетическая группа	Минеральный тип (основной)	Способ образования рудных тел и морфология рудных тел	Геолого-тектонические условия образования	Характер баритовой минерализации	Промышленное значение на барит	Примеры месторождений
Экзогенный	Гипергенный	Зоны окисления и остаточные (инфильтрационные)	Баритовый (баритовая сыпучка и железные шляпы)	Зона окисления колчеданных барит-полиметаллических и карбонатитовых месторождений. Столбы и неправильные формы	Континентальный литогенез	Остаточная	Крупное, среднее и мелкое. Источник попутного извлечения барита	Кварцитовая Сопка в Салаире, Саллаулатвинское в Карелии, Медведевское, Бретьякское и Ирлицское на Южном Урале (СССР)
		Элювиальные и делювиальные россыпи	Баритовый и глинисто-гематитовый	Линейно вытянутые и неправильной формы россыпи	Континентальные в результате физико-химического выветривания баритовых месторождений и дезинтеграции барита в поверхностных условиях	Остаточная	За рубежом крупное, в СССР промышленных месторождений неизвестно	Медведевское, Джалаирское и др. (СССР), месторождения штатов Миссури, Джорджия, Теннесси (США)
	Техногенный	Барит хвостов обогатительных фабрик	Баритовый и барит-кварц-пиритный	Эфельные отвалы обогатительных фабрик на разрабатываемых комплексных баритовых месторождениях	Созданы деятельностью человека	Барит, оставленный в отвалах	Среднее и малое	Эфельные отвалы на Салаирском прииске (СССР), рудник Минерал-Кинг (США), рудник Джайент (Канада) и др.
		Регенерированный барит из глинистых растворов	Регенерированный барит	Отработанные глинистые растворы с баритом (утяжелитель) после тампонажа скважин	То же	Барит, использованный при бурении скважин	Малое. Повторное использование барита после его регенерации	Некоторые фирмы США

ляются карбонатитовая, скарновая и собственно гидротермальная группы месторождений, а в вулканогенно-осадочном классе — стратиформные колчеданная и полиметаллическая баритосодержащие. В указанных группах месторождений гидротермальные процессы в ряде случаев не являются единственными, но наиболее характерны, т. е. занимают ведущее положение. В карбонатитовых и скарновых месторождениях гидротермальные растворы, отложившие барит, проявились лишь в конце их формирования и не определяли общей картины минералообразования. В стратиформных колчеданных и полиметаллических месторождениях гидротермальные растворы (чаще всего вулканогенные) достигали дна моря, питали его осадки минеральным веществом, что и определяет существо вулканогенно-осадочных, осадочно-вулканогенных, гидротермальных (телетермальных) и комбинированных типов баритовых месторождений.

В классификации некоторые группы разделены на подгруппы. В группах и подгруппах по минеральному составу выделяются типы месторождений.

Кроме природных генетических и промышленных типов месторождений в настоящее время следует учитывать концентрации барита, созданные в условиях производственной деятельности человека — техногенный класс.

Ниже приведены описания главнейших генетических классов баритовых месторождений и их ведущих групп и типов, в соответствии с предложенной классификацией (см. табл. 6).

#### КЛАСС ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ БАРИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Многие исследователи, изучающие различные рудные месторождения, считают барит в них типичным гидротермальным минералом, и потому его присутствие в рудных месторождениях используется в качестве одного из признаков отнесения месторождений к гидротермальному генезису.

Проведенное изучение эндогенных бария и стронция (последний встречается в виде постоянной изоморфной примеси в барите) показало общую тенденцию последовательного накопления этих элементов в минералах от ранних стадий рудообразования к поздним. Если барий в заключительной стадии гидротермального процесса обычно представлен собственным минералом — баритом, то стронций большей частью выступает в рассеянной форме, т. е. содержится в других минералах, лишь иногда образуя повышенное содержание, особенно в барите (до 7—10%).

Так, содержание бария и стронция в нерудных и рудных минералах скарновых барит-полиметаллических месторождений Западного Карамазара следующее (в г/т): в пироксене бария от 70 до 400, стронция от 100 до 400, в пирите бария от 50 до 80, в сфалерите бария от 60 до 100. В сульфидных минералах стронций, как правило, отсутствует, а содержание бария уменьшается от минералов ранних стадий рудообразования к минералам

поздних стадий. Распределение бария и стронция в минералах рудных ассоциаций зависит главным образом от состава вмещающих пород. Повышенные содержания бария характерны для месторождений, расположенных в эффузивных породах. Из скарновых минералов барий в изоморфном состоянии в преобладающей массе заключен в пироксенах, а стронций в эпидоте. В сульфидах эти элементы находятся, вероятнее всего, в сульфатной форме; барий большей частью сосредоточен в пирите и особенно в галените, стронций фиксируется обычно только в галенитах из месторождений определенных рудных районов.

Гидротермальный класс представлен тремя основными группами баритовых месторождений: карбонатитовой, скарновой и собственно гидротермальной.

### *Группа карбонатитовых баритовых месторождений*

В карбонатитовой группе месторождений барит встречается довольно часто и ассоциирует преимущественно с поздними анкерит-доломитовыми, сидеритовыми и другими карбонатами, пространственно и генетически тесно связанными со сложными комплексами пород ультраосновного — щелочного состава. Формирование массивов ультраосновных — щелочных пород, завершившееся образованием карбонатитов, происходит преимущественно в рифтовых структурах платформ и охватывает длительный период. Карбонатитовые месторождения обычно развиты на площадях активизированных платформ, контролируются крупными рифтообразными разломами и имеют различный геологический возраст: докембрийский (Африка, Северная Америка), каледонский (Тува), герцинский (Кольский полуостров), киммерийский (Сибирская платформа, Бразилия, Канада) и альпийский (Африка, Азия).

На Сибирской платформе разведочными скважинами карбонатиты прослеживаются на 300—500 м и более от поверхности и не обнаруживают тенденции к выклиниванию. На ранних стадиях образования карбонатитов температура растворов 600—500° С, к концу процесса она постепенно понижается — до 100—50° на завершающем этапе. Барит отлагался в завершающие стадии гидротермального процесса.

Карбонатитовые месторождения как промышленные объекты на барит изучены недостаточно. Промышленные концентрации барита в карбонатитах в Советском Союзе выявлены в массивах Вуориярви, Салланлатвинском в Карелии, в линейных разломах Тувы, выполненных карбонатитами, а в США — в Калифорнии (Маунтин-Пасс) и шт. Арканзас (Магнет-Коув).

На месторождении Маунтин-Пасс с 1952 г. из добываемой карбонатитовой руды извлекаются редкие земли и барит. Содержание барита в руде 20%, местами до 50% и более.

На месторождении Магнет-Коув, разработка которого ведется более 25 лет, добыто более 7 млн. т барита. Барит на мес-

торожении является породообразующим минералом карбонатов поздних стадий; содержание  $BaSO_4$  в руде достигает 10—30%.

В Советском Союзе крупнейшие запасы барита выявлены на Карасукском карбонатитовом месторождении (Тува). Расположено оно в Химчикско-Истигхемском внешнем прогибе Алтае-Саянского складчатого пояса. В геологическом строении месторождения принимают участие эффузивно-осадочная толща кембрия и трансгрессивно залегающая на ней песчано-алевролитовая толща ордовика и силура. Кембрийская толща интенсивно дислоцирована и прорвана небольшими телами гипербазитов, диоритов и трондьемитов. Отложения ордовика и силура собраны в пологую синклиналиную складку, прорванную небольшими телами граносиенитов.

В рудном поле месторождения разведано восемь рудных тел сложного состава. В плане они имеют обычно неправильную трубообразную или линзообразную форму и прослеживаются на значительную глубину. Основная часть выявленных рудных тел и ряд мелких рудопроявлений залегают в линейно вытянутых зонах дробления среди песчаников, алевролитов и глинистых сланцев верхнесилурийской толщи, небольшая часть — в граносиенитах, и только одно рудное тело приурочено к песчаникам и конгломератам кембрия.

Руды на Карасукском месторождении образовались в четыре этапа: кальцитовый, сидеритовый, гематитовый и стронцианитовый. Каждому этапу оруденения соответствует характерный комплекс минералов (табл. 7). Макроскопически кальцитовые руды

Таблица 7

Парагенетические ассоциации минералов, характерные элементы этапов оруденения на Карасукском месторождении

Показатель	Этап			
	Кальцитовый	Сидеритовый	Гематитовый	Стронцианитовый
Минералы	Кальцит Анкерит Паризит Рутил Пирит Апатит	Сидерит Барит Флюорит Бастнезит Кварц Галенит Сфалерит Халькопирит Молибденит	Гематит Баритоцелестин Флюорит Бастнезит Кварц	Стронцианит Целестин Кальцит Гётит
Характерные элементы	Ca, Mg, Fe, Sr, Ba, TR, Ti, C, O, P, F	Fe, Ca, TR, Ba $\gg$ Sr, C, O, S, F	Fe, Ca, TR, Ba = Sr, O, S, F	Ca, Ba $\ll$ Sr, C, S

представлены плотным среднезернистым агрегатом светло-серого цвета, сложенным в основном кальцитом (50—90%) и анкеритом (10—15%). В следующий этап на всей площади месторождения формировались сидеритовые руды. Они представляют собой плотные среднезернистые пестро окрашенные массивные образования, состоящие в основном из сидерита (30—60%), барита (10—30%) и флюорита (5—20%). В этап гематитовой минерализации, наложенной на сидеритовую, возникли крупнозернистые и мелкозернистые руды (табл. 8). В позднем этапе гипогенного минерало-

Таблица 8

Состав руд гематитового этапа минерализации Карасукского месторождения, вес. %

Минерал	Крупно-зернистая руда	Мелко-зернистая руда
Гематит	60—80	30—50
Баритоцелестин	5—15	20—35
Флюорит	10—15	15—20
Кварц	5—10	10—15
Бастнезит	5—15	3—5

образования сформировались жилы сложного кальцит-целестин-стронцианитового состава, пересекающие кальцитовые, сидеритовые и гематитовые руды.

Содержание бария и стронция резко изменяется в пределах отдельных рудных тел, что связано с изменчивостью минерального состава руд. Вместе с существенным колебанием средних содержаний обоих элементов значительно колеблется также отношение между ними в разных рудных телах. Основ-

ным минералом, содержащим барий и стронций, во всех рудных телах является баритоцелестин. Вместе с тем максимальное отношение Ba : Sr характерно для рудного тела, основная масса которого сложена сидеритом. В этих рудах барит резко преобладает над остальными минералами бария и стронция. Содержание бария в минералах месторождения следующее (в вес. %): целестин 0,58, баритоцелестин 28,38, кальцит 0,3, апатит из граносиенитов 0,065, барит 65,70, флюорит 0,52, сидерит 0,002.

В раннем этапе стронций и барий рассеивались в основной массе минералов (кальците, анкерите, апатите и др.). В кальцитовых карбонатах собственные минералы стронция и бария отсутствуют. Характерно высокое содержание стронция в апатите из кальцитовых руд по сравнению с его содержанием в апатите из граносиенитов. В барите сидеритовых руд сконцентрирован практически весь барий месторождения. Кроме того, барий содержится в сидерите и флюорите. Собственные минералы стронция отсутствуют. Этот элемент рассеян в барите, флюорите и бастнезите. В гематитовых рудах стронций и барий сконцентрированы главным образом в баритоцелестине. Оба элемента присутствуют, кроме того, во флюорите; незначительное количество стронция рассеяно в бастнезите. В позднем этапе незначительная часть стронция имеется в кальците, барий установлен здесь только в целестине. Таким образом, оба элемента (стронций и барий) сопровождали формирование месторождения от начала до конца,

причем концентрация их происходила при все возрастающей относительной роли стронция.

Брекчии вмещающих пород в пределах рудных тел интенсивно изменены и сцементированы рудными минералами. Контакты рудных тел с вмещающими их безрудными брекчиями довольно резкие. Интенсивность рудной минерализации в приконтактных зонах быстро затухает на протяжении нескольких метров. Рудные тела на месторождении имеют сложное внутреннее строение, что обусловлено разнообразием минеральных и текстурно-структурных типов руд, находящихся в сложных взаимоотношениях.

Кроме гипогенных на месторождении широко развиты гипергенные руды. Глубина зоны окисления сильно изменяется от 100 до 300 м. Сложена зона барит-гидрогематитовыми и флюорит-барит-лимонитовыми рудами. Формирование зоны окисления происходило в два этапа. В раннем этапе вначале образовался гидрогематит, а затем отложился геарксутит. В позднем этапе образовывался гетит и продолжалось разрушение большинства первичных минералов руд.

По минеральному составу и геологическим условиям залегания Карасукское месторождение большинством исследователей относится к гидротермально-метасоматическому типу и генетически связывается с массивом щелочных и нефелиновых сиенитов. По данным Н. И. Гинзбурга (1965 г.), Карасукское месторождение могло возникнуть на конечных этапах развития карбонатитового процесса, связанного с ультраосновными — щелочными породами. В результате на поздней стадии образовались специфические анкерит-флюоритовые и сидерит-флюоритовые тела с редкоземельным и баритоцелестиновым оруденением, которые наложены вдоль линейных структур на кальцитовые карбонатиты и выходят за пределы карбонатитовых тел.

### *Группа скарновых баритовых месторождений*

В Советском Союзе и за рубежом скарновая группа месторождений в отношении барита изучена недостаточно. В большинстве этих месторождений барит не образует промышленных концентраций. Исключением являются месторождение Эль-Поль в Калифорнии и Карагайлинское в СССР, в котором барит образовался метасоматическим путем в одну из поздних стадий гидротермального процесса с образованием псевдоморфоз по минералам скарнового комплекса.

В скарновых месторождениях Советского Союза проявления барита встречаются довольно часто. Барит или витерит обычно наложены на магнезиальные скарны и появляются в конце кварц-карбонат-сульфидной стадии гидротермального процесса.

Карагайлинское скарновое барит-полиметаллическое месторождение включает пять основных участков: Главный (Большая и Малая линзы), Южный, Дальний, Рудопоявления Максимовское и Маринское. Главный участок

детально разведан и эксплуатируется с 1953 г., остальные оценены предварительно.

В геологическом строении рудного поля принимают участие фаменские и в меньшей мере живет-франские отложения, прорванные комплексом интрузивных пород карбонового возраста. Живетско-франская толща представлена песчаниками и алевролитами, заключающими в верхах прослой и линзы глинистых узловато-слоистых известняков. Вышележащие фаменские отложения подразделяются на две толщи: нижнюю грубообломочную терригенную и верхнюю вулканогенно-осадочную. Нижняя толща мощностью около 700 м представлена гравелитами, конгломератами, песчаниками, туфопесчаниками, алевролитами и известняками. В верхах на Максимовском участке она минерализована — железо-марганцевое и полиметаллическое оруденение. Верхняя толща мощностью около 800 м представлена кремнисто-глинисто-карбонатными породами с прослоями алевролитов и линзовидных тел известняков. Известковистые прослой в рудном поле скарнированы или замещены барит-сульфидными рудами. Рудные тела приурочиваются в основном к основанию верхней толщи. Мощность рудоносной пачки колеблется от первых десятков метров до 150—180 м.

Интрузивные образования рудного поля подразделяются на нижнекаменноугольные габбро, габбро-диабазы, диабазовые порфиры, образующие дайкообразные тела, среднекаменноугольные гранодиориты и кварцевые диориты, слагающие крупный массив на востоке рудного поля, и верхнекаменноугольные граниты, слагающие северную часть рудного поля. К верхнекарбонному возрасту отнесены также субмеридиональные протяженные дайки гранит-порфиров, граносенит-порфиров и диорит-порфиров, пересекающие все другие магматические породы.

Основными структурными элементами на площади рудного поля являются Карагайлинская синклинал, в крыльях которой размещаются рудные участки Главный, Дальний и Южный, Максимовская синклинал в юго-западной части рудного поля с Максимовским и Мариинским рудопроявлениями в крыльях, и, наконец, Мариинская антиклиналь, расположенная между названными синклиналями. В строении месторождения большое значение имеют разрывы северо-западного, северо-восточного и субмеридионального простирания. Рудные тела в целом располагаются в надинтрузивной зоне гранитного массива, контактовая поверхность которого полого погружается к югу.

Основные запасы руд сосредоточены в залежи Главного участка, находящегося на северо-восточном крыле Карагайлинской синклинали. Залежь представляет собой сложно построенную пачку чередующихся кварц-баритовых, баритизированных, ороговикovaných и местами скарнированных пород, несущих промышленное баритовое оруденение. Она залегает среди метаморфизованных фаменских отложений на контакте ороговикovaných кремнисто-глинистых сланцев, серицитовых и кварц-полевошпатовых

роговиков. В строении залежи участвуют линзовидные рудные тела различного литологического состава, которые постепенно сменяют друг друга, выклиниваются или сложно расщепляются как по простиранию, так и по падению.

Основная масса руд месторождения связана с кварц-баритовыми породами и баритизированными известково-кремнисто-глинистыми сланцами. Распределение сульфидного оруденения здесь вкрапленное, прожилково-вкрапленное и послонное.

На месторождении установлено более 100 минералов. Главными являются галенит, сфалерит, пирит и халькопирит. Менее распространены пирротин, магнетит, гематит, блеклая руда, айкинит, молибденит, кобальтин, висмутин и др. Химическая инертность и устойчивость в гипергенных условиях барита, заключающего основную массу сульфидов, а также слабое развитие послерудных нарушений обусловили относительно слабое проявление зоны окисления.

Отмечается большое разнообразие текстурных разновидностей руд, среди которых преобладают полосчатые и линзовиднополосчатые. Основной объем рудных залежей приходится на кварц и барит. Баритовые руды содержат Sr, Mo, Ni, Co, Cd, Sb, As, Bi, Sn, V.

Вопросы генезиса и геологического возраста оруденения являются сложными и дискуссионными. Существует две точки зрения:

1) оруденение гидротермально-метасоматическое, наложенное на роговики и скарны, имеет верхнепалеозойский возраст;

2) оруденение сингенетично или по времени близко к образованию вмещающих его фаменских отложений и испытало метаморфизм под воздействием позднейших тектонических напряжений и интрузий.

Первую точку зрения поддерживают Ф. И. Вольфсон (1945 г.) и А. Ф. Лягменко (1962 г.), связывающие оруденение с гранодиоритами, В. Н. Иванов (1952 г.), Г. Н. Еникеев, М. Я. Янулова (1962 г.), Т. В. Перекалина, Г. Р. Бекжанов (1969 г.) и многие другие исследователи, относящие оруденение к послегранитному (поздний карбон — ранняя пермь) времени, А. С. Кумпан, И. И. Князев, и др. (1960 г.), считающие его послепермским. Все перечисленные исследователи выделяют три основных этапа оруденения: I — контактово-метасоматический (скарновый); II — гидротермально-метасоматический со стадиями: а) сульфидно-кварцевой и б) сульфидно-кварц-баритовой; III — поздний гидротермальный (кальцит-цеолитовая ассоциация).

Сторонники второй точки зрения А. В. Орлова, А. А. Куденко (1954 г.), В. М. Попов, Г. Н. Щерба (1966, 1967 гг.) учитывают регионально проявленное стратиформное оруденение, слоистые текстуры руд и их сходство с рудами Атасуйского рудного района, для части которых доказано сингенетичное происхождение, и пересечение руд гранодиоритами (ксенолиты барита), гранитами и дайками.

## *Группа собственно гидротермальных (плутогенных и вулканогенных) баритовых месторождений*

Месторождения барита этой группы являются наиболее распространенными как на территории СССР, так и за рубежом. По характеру рудообразующих растворов они подразделяются на плутогенные, вулканогенные и телетермальные\*, которые нередко трудно отличить друг от друга.

По условиям выпадения барита и виверита из растворов и по геологическим условиям залегания среди гидротермальных месторождений выделяются жильные и метасоматические. Гидротермальные месторождения занимают центральное положение в предлагаемой генетической классификации баритовых месторождений и являются связующим звеном между месторождениями других генетических групп.

Жильные и метасоматические месторождения барита в основном относятся к четырем минералогическим эпохам: позднекаледонской, позднегерцинской, раннеальпийской (или позднекембрийской) и позднеальпийской. Характерной особенностью баритовой минерализации во всех этих месторождениях является их формирование на складчатом или платформенном субстрате, возраст консолидации которого значительно древнее эпохи формирования самих месторождений. Обычно образование гидротермальных месторождений связывается с конечными этапами тектономагматической активизации таких областей.

Для локализации гидротермальных баритовых месторождений наиболее благоприятны наложенные структуры, выполненные вулканогенными образованиями или угленосными отложениями. Местные закономерности размещения месторождений в основном определяются разрывными нарушениями различных порядков и пространственной ориентировки. Размещение руд нередко контролируют горизонты пород определенного литологического состава, физико-механических и других свойств. Положение промышленных руд определяется стадийностью процессов рудообразования, зональностью рудоотложения и другими факторами. Литология вмещающих пород влияет не только на локализацию оруденения, но и на минеральный состав руд и их структурно-текстурные особенности. Жильные месторождения размещаются как в песчано-сланцевых, эффузивных, так и массивных гранитоидных породах. Метасоматические залежи более характерны для карбонатных отложений, углистых сланцев и других осадочных толщ.

### **Подгруппа плутогенных гидротермальных месторождений.**

По минеральному составу и морфологии рудных тел в этой подгруппе выделяются месторождения жильные (секущие), в которых основную промышленную ценность имеют баритовая, барит-виверитовая и кварц-карбонат-баритовая минеральная ас-

\* В табл. 6 подгруппа телетермальных месторождений не выделена. Генезис их спорный. Описание этих месторождений дано в соответствующих генетических классах и группах месторождений.

социации, и метасоматические (зоны, штокверки, неправильные залежи), представленные главным образом баритовой, кварц-баритовой и кварц-карбонатно-баритовой минеральными ассоциациями. Известны совмещенные жильно-метасоматические (линзовидные залежи, трубы, зоны и пр.) месторождения, представленные главным образом кварц-барит-флюоритовой минеральной ассоциацией.

Месторождения первых двух морфологических групп по технологическим свойствам руд являются собственно баритовыми и, а третьей — комплексными (полезными компонентами одновременно являются флюорит и барит).

*Жильные (секущие) собственно баритовые месторождения* широко распространены как в СССР (Грузия, Армения, Азербайджан, Туркмения, Красноярский край и др.), так и за рубежом (США, ФРГ, Болгария, Турция и другие страны). Барит в них обычно выполняет трещины, иногда цементирует брекчиевидные зоны, развитые вдоль трещин. Жилы могут быть единичные или образовывать жильные поля. Нередко протяженность жил сотни метров и даже более 1 км при мощности 0,1—0,9 м, в раздувах до 10—15 м. Как правило, жильные тела имеют крутое падение; для них характерны ответвления, обычно следующие параллельно основной жиле, отмечаются пережимы и раздувы. Руды в жильных выполнениях баритовые, обычно высококачественные (содержание  $BaSO_4$  колеблется от 50 до 98% и  $BaCO_3$  от 1 до 70%). Из других жильных минералов в значительных количествах отмечаются кальцит и кварц. Спорадически в собственно баритовых месторождениях встречаются флюорит, галенит, сфалерит, реже пирит, сульфиды меди, иногда золото, серебро и ртуть. Состав вмещающих пород разнообразный: интрузивные, вулканогенные и осадочные образования, возраст их от кембрия до неогена.

Определенной связи рудных жил со складчатыми структурами не устанавливается. Иногда наблюдается слабо выраженная связь баритового оруденения с литологией вмещающих пород, гидротермальное изменение которых не всегда выявляется. Большинство собственно баритовых жил имеет четкие зальбанды. Характерными изменениями во всех типах вмещающих пород являются аргиллизация, кальцитизация, окварцевание, хлоритизация, реже цеолитизация.

Характер баритового оруденения во многом зависит от состава и строения вмещающих их пород. Баритоносные трещины часто меняют простирание и углы падения, образуя волнистую поверхность, на которой выявляются зеркала и борозды скольжения. Вдоль трещин появляются пустоты разных форм, которые и служат вмещателями рудных тел. Отсюда характерные для баритовых жил пережимы, выклинивания, раздувы, разветвления, столчатая и линзовидная форма рудных скоплений.

Баритовая руда иногда заполняет все сечение трещины, реже центральную часть полости или смещена к одному боку. В таких

случаях пространство между баритом и плоскостями трещины выполнено измененной брекчией трения, жильной глиной и кальцитом. В зонах крупных разломов баритовое оруденение обычно отсутствует.

Подмечено, что короткие по простиранию жилы быстро выклиниваются и по падению. Выдержанные по простиранию жилы сохраняются на значительную (до 400 м и более) глубину. Предельная глубина в протяженных жилах (более 1000 м) не установлена, так как ни одно крупное месторождение барита еще полностью не изучено на глубину. Доказано, что смена в жилах барита кварцем, кальцитом, флюоритом, иногда сульфидами является признаком прекращения баритового оруденения на глубину. Многие жилы четко видны: прерываются и появляются вновь через некоторые расстояния как по простиранию, так и по падению.

В брекчиевидных зонах (Джалаирское месторождение) барит и виверит цементируют обломки брекчий обычно в плоскости надвигов, и при широком площадном развитии таких брекчий рудные тела по форме приближаются к пластовым залежам.

Запасы баритовой руды в промышленных жильных месторождениях колеблются от 0,1 до 1 млн. т; руда обычно высокого качества, содержание  $BaSO_4$  от 50 до 98%. По текстурным признакам барит в рудах мелко- и крупнокристаллический.

Типичным представителем многочисленных жильных гидротермальных баритовых и барит-виверитовых месторождений, широко распространенных в металлогенической провинции Копетдага, является Арпакленское барит-виверитовое. Район месторождения сложен осадочными породами третичного и мелового возраста — глинами, песчаниками, сланцами и известняками, собранными в складки. Изверженные породы в районе месторождения отсутствуют.

Рудное поле пересекается мощной сбросовой трещиной меридионального направления; установленная протяженность трещины 4 км, ширина 25—30 м. Трещина трассируется брекчией, среди которой на протяжении около 1,5 км выделяется три участка с баритом и виверитом. Барит в зоне дробления залегает в виде неправильных жилообразных и линзообразных тел, мощность которых колеблется от 0,2 до 6 м.

Всего на месторождении выявлено 15 значительных по размерам тел барита и виверита. Руда содержит также пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, местами встречается киноварь. Барит отличается высоким качеством; он белого цвета, чистый, изредка окрашен окислами железа в бледно-розовый тон, содержание  $BaSO_4$  от 42,8 до 96,8%. Содержание виверита изменчиво, характерна примесь карбонатов других металлов щелочноземельной группы, в том числе стронция. Кроме барита и виверита в рудах присутствуют кварц и кальцит.

Распределение основных минералов в поперечном сечении жил достаточно закономерное. В зальбандах барит ассоциирует

со сфалеритом, который частично образует вкрапления во вмещающих песчаниках, ближе к центру жил барит включает гнезда, прожилки и отдельные вкрапления галенита, а в центральных частях он сопровождается витеритом. Витерит частично кристаллизуется вместе с баритом, а также цементирует раздробленные участки барита, иногда метасоматически замещает его. Кальцит в рудных жилах распространен повсеместно и часто образует таблитчатые кристаллы среди барита или небольшие секущие прожилки. Пирит, халькопирит, и киноварь в виде рассеянной вкрапленности присутствуют в различных участках жил.

Крупнокристаллический барит в основном представлен таблитчатыми кристаллами от молочно-белого до желтоватого цвета, иногда разлистованными и волнисто-изогнутыми или раздробленными.

Мелкокристаллические сахаровидные разности барита, как правило, не деформированы. Витерит обычно встречается в виде крупных идиоморфных, реже мелких ксеноморфных кристаллов среди барита. Крупные кристаллы витерита иногда имеют зональную структуру и образуют полисинтетические двойники. Нередко встречаются псевдоморфозы витерита по бариту, или кристаллы витерита включают изъеденные зерна барита. Как правило, витерит не деформирован. В некоторых жилах отмечаются радиально-лучистые агрегаты «медового» витерита.

В целом для жильных баритовых и барит-витеритовых месторождений Туркмении характерны четкие контакты баритовых жил с вмещающими породами; изменение вмещающих пород не наблюдается. Размер ромбовидных кристаллов барита 3—5 см. Крупнокристаллическое строение барита в жилах указывает на спокойный и длительный период его кристаллизации. Часто баритовые жилы смещены пострудными нарушениями.

На генезис баритовых месторождений Туркмении имеется три точки зрения. Одни исследователи считают их телетермальными. Они предполагают, что очагами ювенильных вод служили интрузии, не вскрытые еще денудацией. Возможно это интрузии на территории Ирана, примерно в 100 км к югу от рассматриваемых месторождений. Другие исследователи связывают все барит-витеритовые месторождения Копетдага с вадозными растворами, чему, по их мнению, отвечают их палеотемпература, минерализация и содержание газов. А. В. Сидоренко и В. П. Соколов считают, что барит-витеритовые месторождения описываемой территории образовались за счет смешения восходящих ювенильных и нисходящих вадозных вод. По их мнению, глубинные ювенильные растворы, содержащие растворенные хлористые соединения металлов (в том числе  $BaCl_2$ ), проходя через верхнеюрскую толщу гипсоносных пород и неокомскую толщу известняков, обогащались комплексными анионами ( $SO_4$  и  $CO_3$ ), сероводородом и углекислотой. При этом даже при слабой сульфатной минерализации в первую очередь из растворов выпадал сернокислый барий. В последующем раствор обогащался карбо-

нат-ионами и выделялся углекислый барий. Такой порядок выделения соединений бария из раствора обусловлен его геохимическими свойствами; катион бария охотнее соединяется с анионом  $\text{SO}_4$ , чем с анионом  $\text{CO}_3$ . Считается доказанным, что выделение витерита в месторождениях Копетдага происходило позднее, чем барита; барит метасоматически замещается витеритом.

Чордское баритовое и барит-кальцитовое месторождение является типичным представителем жильных месторождений Закавказья. Расположено оно на южном склоне Главного Кавказского хребта и приурочено к зоне тектонических нарушений, развитой на южном крыле Чордско-Сахтинской антиклинали, сложенной отложениями юры, палеогена и неогена. Баритовые жилы локализуются в вулканогенно-осадочной толще байоса, главным образом среди туфобрекчий, туфоконгломератов и кислых эффузивов. Они связаны с тектоническими нарушениями северо-западного простирания, падающими на восток и северо-восток под углами от 15 до 80°.

Жилы располагаются в полосе шириной 300—500 м, вытянутой с северо-запада на юго-восток на 6 км. Условно они группируются в три участка — Лесора, Гвалвана и Дагварула, из которых в настоящее время промышленный интерес представляют первые два. На участке Лесора выявлено четыре жилы с семью апофизами, а на участке Гвалвана семь жил с десятью апофизами.

Баритовые жилы имеют сложную форму (с многочисленными раздувами, пережимами и апофизами), образуют системы сопряженных и параллельных жил и линз. Расстояние между жилами изменяется от 20 до 250 м. Наиболее крупная жила вытянута до 1,5 км при средней мощности 2—3 м; мощность в раздувах достигает 12—15 м.

На Чордском месторождении, по данным Т. Д. Баграташвили (1956 г.), выделяется пять стадий минералообразования: I — кварц-пиритовая, II, III и IV — барит-кальцитовые и V — супергенная.

Во всех жилах месторождения кроме основного компонента барита (среднее содержание  $\text{BaSO}_4$  в руде обычно колеблется от 47 до 97%) и кальцита (от 5% до 40%) в незначительных количествах присутствуют рудные пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, киноварь, нерудные кварц, цеолиты, витерит и вторичные — лимонит, малахит, ковеллин, куприт. Кальцита в жилах иногда настолько много, что баритовые жилы переходят в чисто кальцитовые.

В зависимости от минерального состава на месторождении выделены три типа руд: баритовые (наиболее богатые), кальцит-баритовые и брекчиевидные кварц-кальцит-баритовые. Последние два типа руд требуют обогащения. Баритовыми условно считаются руды, содержащие  $\text{BaSO}_4$  более 50%, а кальцит-баритовыми — от 25 до 50%. Участки жил, в которых содержание  $\text{BaSO}_4$  ниже 25%, отнесены к кальцитовым. Баритовые руды брекчиевой

текстуры состоят из обломков боковых пород, сцементированных баритом или кальцитом.

В пространственном распространении всех разновидностей руд не наблюдается определенной закономерности. Отмечается, что брекчиевые руды играют на месторождении подчиненную роль; они встречаются в юго-восточной части главной жилы участка Лесора и по жиле 4 участка Гвалвана. Что же касается широко распространенных чисто баритовых и кальцит-баритовых руд, то они часто сменяют друг друга даже на коротких интервалах.

Барит по структурным признакам делится на крупнокристаллический (I генерация) и мелкокристаллический (II и III генерации).

Кальцит является самым распространенным минералом после барита и обычно не приурочивается к определенным частям рудных тел. Иногда он в виде узкой каймы тянется на несколько десятков метров висячем или лежащем боку баритовых тел или образует быстро выклинивающиеся линзы различной мощности. Он встречается также внутри баритовых жил в виде линз или тел неправильной формы. Так же как барит, кальцит образует три генерации: первые две в виде прожилков и линз приурочены к зальбандам баритовых жил.

Изменение вмещающих пород на месторождении происходило при механическом воздействии тектонических усилий вдоль зон разломов и под воздействием последующих гидротермальных растворов. Поэтому проявились они не везде одинаково и выражены главным образом в коолинизации, хлоритизации, серицитизации, пиритизации и окварцевании. Происходило замещение основной массы вмещающей породы и отдельных минералов (плагиоклаза и пироксена) кальцитом или кварцем. Наблюдается также окисление пирита, в связи с чем порода приобретает грязный буроватый оттенок. В местах развития коолинизации и хлоритизации отмечаются более глубокие изменения пород. Непосредственно в зальбандах баритовых жил, где проявились тектонические подвижки, вмещающие породы изменены более сильно. Они преобразованы в пластичные, жирные на ощупь глины, которые при высыхании рассыпаются.

Возраст и генезис Чордского и других месторождений барита на Кавказе и их связь с интрузией пока не вполне ясны. Рудовмещающие тектонические нарушения в пределах рудного поля вскрыты и прослежены многочисленными горными выработками в основном среди пород порфиритовой свиты байоса, за исключением тектонического нарушения, выполненного Главной жилой, которая на северо-западе пересекает породы келловея и лузитана. На основании этого возраст баритовых жил определяется в пределах поздней юры — третичного времени.

По Г. С. Дзоценидзе (1948 г.), баритовые месторождения Западной Грузии генетически связаны с еще не вскрытыми эрозией батскими интрузиями, проявившимися местами в виде даек

дацитов и альбитофиров и гидротермальных полиметаллических и баритовых жил. Им же отмечаются геохимические признаки связи баритового оруденения с породами порфиритовой свиты байоса.

По Н. Ф. Шония (1964 г.), наличие баритового оруденения в Западной Грузии в породах порфиритовой свиты байоса определяется лишь благоприятными литолого-структурными факторами рудоотложения, и связывается оно с рудными процессами, начавшимися в послераннемеловое время и продолжавшимися в постэоценовое время. Последние обусловлены гранитными интрузиями, залегающими на глубине.

В зарубежных странах (ФРГ, Болгария, Турция, США и др.) жильные собственно баритовые месторождения распространены также широко.

В ФРГ они имеются в западной половине Тюрингского Леса (Эберград, район Шмалькальдена), в районе Рухли (Фриденштейн), в Центральном массиве Шварцвальда, в Рудных горах (Нидерлаг) и других районах.

В Болгарии — основные жильные собственно баритовые месторождения выявлены в районе Зверино-Елисейны, где они приурочены к ядру Берковской антиклинали к породам диабаз-филлитовой формации и гранитоидов.

В Турции жильных месторождений барита очень много. По геологическим условиям образования они во многом сходны с месторождениями Грузии, Армении и Азербайджана.

Жильные баритовые месторождения в основном располагаются вдоль тектонических зон Алания-Анамур и Бахче-Нурхак. Наиболее крупными из них являются Билиркой, Кизилкимце, Козаркой, Каралар, Гумушдере и Корудере. Жилы сложены грубокристаллическим баритом (90%), галенитом, сфалеритом. Месторождения представляют собой серию согласных и секущих баритовых жил, залегающих в парагнейсах, кварцитах, графитовых сланцах и в мраморах раннепалеозойского возраста. Некоторые месторождения (Корудере) приурочены к андезитовым лавам третичного возраста, реже к филлитовидным сланцам палеозоя. Жилы крутопадающие. Мощность их от 0,5 до 8 м, протяженность от 20 до 280 м. Кроме барита в жилах присутствует галенит, сфалерит, гематит и лимонит.

Предполагаемые запасы руды жильных месторождений 3 млн. т. Содержание  $\text{BaSO}_4$  в руде 90—94%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,5%. Условия транспортировки руды благоприятные.

В США жильные баритовые месторождения, как и в СССР, хотя и широко распространены, но по запасам и добыче значительно уступают стратиформным (сульфидно-баритовым) вулканогенно-осадочным и осадочным месторождениям.

*Жильные метасоматические баритовые месторождения* залегают в известняках, в метаморфических или осадочных породах различного возраста, локализуясь в полостях тектонических нарушений различных амплитуд. Барит является основным жиль-

ным минералом и сопровождается рудными, которые могут добываться попутно. Контакты рудных тел с вмещающими породами резкие. Изменения вмещающих пород (в случае выполнения открытых полостей) незначительные или совсем не проявлены. Часто отмечается полосчатое или брекчиевидное строение рудных тел. В таком случае распределение барита неравномерное, зависит от степени брекчирования пород и характеризуется проявлением процессов замещения. Размеры рудных тел этого типа изменяются от нескольких сантиметров до нескольких метров по мощности и от десятков метров до сотен метров по простиранию. Для всех месторождений характерна следующая ассоциация минералов: барит, флюорит, карбонаты, кварц, пирит, халькопирит, галенит и сфалерит; иногда присутствует золото и серебро. Содержание барита в месторождениях этого типа колеблется в широких пределах. По генезису они обычно эпитегрмальные, образовавшиеся в результате осаждения из низкотемпературных гидротермальных растворов.

*Метасоматические собственно баритовые (зоны, штокверки, неправильные пластообразные и линзообразные залежи) месторождения* в отличие от жильных очень разнообразны по форме рудных тел и приурочиваются главным образом к структурам надвиговых разломов и межпластовым нарушениям. Рудные залежи формируются путем замещения вмещающих пород и поэтому литологический контроль оруденения наряду с тектоническим играет исключительно важную роль. Вмещающие породы, различные по физико-химическим свойствам, по-разному реагировали на тектонические деформации в зонах надвигов. Рудные залежи часто наследуют волнистую плоскость надвигов, обладают сложными формами, сопровождаются брекчированными и перетертыми рудными минералами. Наиболее крупные месторождения барита этой подгруппы образуются чаще всего при замещении баритом карбонатных или туфогенных пород, реже углистых сланцев. Обычно для метасоматических месторождений характерны многостадийность гидротермального процесса и многократно возобновлявшиеся тектонические подвижки.

Формы рудных тел метасоматических месторождений чаще всего пластовая, линзообразная и вкрапленно-прожилковая. Главным минералом в метасоматических залежах, как и в жильных, являются барит, сопутствующими — кварц, кальцит, пирит, сфалерит и флюорит. Барит, а иногда и виверит обычно тяготеют к верхним частям крутопадающих тел, которые на глубине обогащаются кальцитом и кварцем.

По запасам барита описываемые месторождения являются более крупными, чем жильные (секущие). Минеральные ассоциации в них аналогичны таковым жильных месторождений; здесь выделяются баритовые (содержание  $\text{BaSO}_4$  от 50 до 99%), кварц-баритовые ( $\text{BaSO}_4$  от 5 до 95%) и кварц-барит-карбонатные ( $\text{BaSO}_4$  от 5 до 90%,  $\text{CaCO}_3$  от 5 до 40%) типы руд.

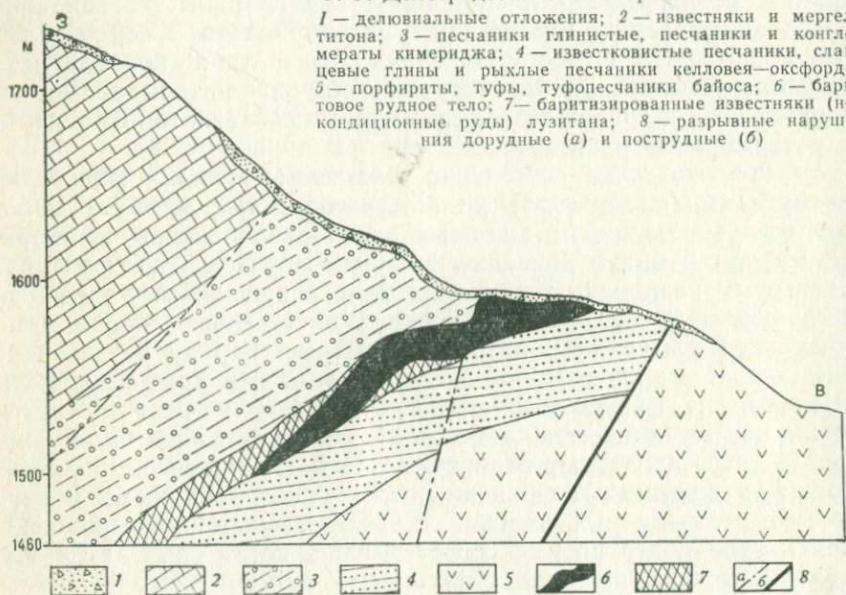
Типичными представителями метасоматических собственно

баритовых месторождений являются Апшринское, Медведевское и Джалаирское в СССР, Енсен-Кён в Турции и Стара-Загоры в Болгарии.

Апшринское баритовое и барит-карбонатное месторождение находится в Абхазском хребте (Грузинская ССР). Приурочено оно к юго-западному крылу Апшринской антиклинали, осложненной рядом параллельных дорудных разрывов меридионального простирания, круто падающих на юго-за-

Рис. 1. Схематический геологический разрез Апшринского баритового месторождения. По Г. Г. Деметрадзе и И. А. Маркозия.

1 — делювиальные отложения; 2 — известняки и мергели титона; 3 — песчаники глинистые, песчаники и конгломераты кимериджа; 4 — известковистые песчаники, сланцевые глины и рыхлые песчаники келловей-оксфорда; 5 — порфириды, туфы, туфопесчаники байоса; 6 — баритовое рудное тело; 7 — баритизированные известняки (некондиционные руды) лузитана; 8 — разрывные нарушения дорудные (а) и пострудные (б).



пад. Свод и северо-восточное крыло антиклинали сложены породами байоса, а юго-западное крыло — преимущественно отложениями верхней юры. Интрузивные породы в районе месторождения отсутствуют. В рудном поле с юга на север почти на 5 км протягивается полоса лузитанских известняков (верхняя юра), к которым приурочены проявления барита. Эти известняки интенсивно изменены, доломитизированы и в значительной мере баритизированы. Промышленные скопления барита фиксируются на участках Апшра, Гунурхва (Баклановка) и Адзага, где баритизация контролируется разрывными нарушениями (рис. 1).

Известняки лузитана падают на ЮЗ  $260-280^\circ$ , под углом  $15-30^\circ$ . Мощность их от 18—20 до 40 м, средняя 22 м. По простиранию баритизированная толща прослежена на 800 м и по падению на 250 м. Форма залежи пластообразная. На месторож-

дени выделяются слабо и интенсивно оруденелые баритизированные породы, часто с постепенным переходом между ними.

Наиболее интенсивное оруденение обычно совмещено с предполагаемыми дорудными разрывами и представляет собой жилообразные рудные тела. Мощность их колеблется от 0,5 до 3 м. Сбросами амплитудой от 10 до 190 м баритизированные известняки разбиты на блоки. Дорудные разрывные нарушения являются рудоподводящими, а оперяющие их трещины рудораспределителями. В лежащем крыле вдоль разрывов, сопутствующих главному нарушению, залегают жилообразные залежи обычно сплошных баритовых руд. Их сопровождают баритизированные зоны, переходящие по восстанию толщи в средне- и слабооруденелые породы с мелкими жильными проявлениями барита.

Баритизированные известняки подстилаются песчаниками келловей-оксфорда и перекрываются песчаниками, брекчиями и конгломератами кимериджа, а также известняками и мергелями титона. Мощность перекрывающих продуктивную толщу пород увеличивается в западном направлении до 150—200 м.

По минеральному составу Апшринское месторождение принадлежит к барит-карбонатному типу; карбонаты представлены доломитом и сидеритом.

Главными минералами руд являются барит и доломит, второстепенными — сидерит, халцедон, кварц, кальцит, редкими — арагонит, пирит, марказит, гематит, киноварь, халькопирит, халькозин и малахит. Среднее содержание  $BaSO_4$  в промышленных рудах 48,6%.

Барит — один из главных минералов доломитизированных известняков. Среди доломитизированных известняков наблюдаются крупнокристаллические доломитовые массы в ассоциации с кварцем, халцедоном, кальцитом, и баритом. Последние два минерала являются наиболее поздними образованиями. Степень доломитизации известняков возрастает вблизи участков, сложенных баритом.

По интенсивности баритизации на месторождении выделяются все переходные разновидности известняков — от известняков с редкой вкрапленностью барита до полностью замещенных баритом. Вкрапленники барита различны по размерам — от микроскопических до крупных идиоморфных кристаллов, обычно таблитчатого габитуса. Сплошные массы барита имеют различное строение — от мелко- до крупнокристаллического. Цвет их обычно серый или светло-серый. Вблизи поверхности вследствие окисления железистых карбонатов бариты окрашены в бурые тона. Крупнокристаллические бариты чаще всего бесцветные или бледно-розовые.

Характерным для Апшринского месторождения является приуроченность оруденения к доломитам, образованным гидротермальным путем и локализованным в основном вдоль разрывных нарушений. Гидротермальная доломитизация и баритизация представляют единый процесс рудообразования, но доломитиза-

ция относится к более ранней его стадии, так как доломитизированные известняки обычно пересекаются жилами барита. После вторичной доломитизации в небольшом количестве выделялись кварц, карбонаты железа, пирит, марказит, указывающие на низкотемпературный режим гипогенного процесса.

*Комплексные жильные и метасоматические барит-флюоритовые и кварц-барит-флюоритовые месторождения* распространены довольно широко. В Советском Союзе эти месторождения как баритовые изучены слабо и барит из них как попутный компонент не добывается. За рубежом (Франция, ФРГ, Канада, Алжир и др. страны) они эксплуатируются как на флюорит, так и на барит.

В размещении описываемых месторождений важную роль играют такие структурно-фациальные особенности земной коры, как наложенные впадины, выполненные вулканогенно-осадочными образованиями, так и разрывные нарушения в них и физико-химические свойства определенных литологических горизонтов вмещающих пород. Морфология рудных тел аналогична морфологии тел охарактеризованных собственно баритовых месторождений.

Основными минералами руд являются барит и флюорит; из минералов-спутников наиболее часты кварц и кальцит; постоянные примеси — сульфиды свинца, цинка и меди. Содержание барита в рудах колеблется от 0,5 до 70,8%, флюорита — от 15 до 80%. Руды обогащаются методом гравитации и флотации.

На кварц-барит-флюоритовых месторождениях всюду отмечается постепенное увеличение содержания кварца с глубиной и резкое преобладание его на нижних горизонтах. На верхних горизонтах рудных тел кварц-флюоритовая ассоциация постепенно сменяется кварц-флюорит-баритовой. Температура декрепитации минералов нижних горизонтов жил 106—265°С, а верхних 45—125°С.

Важное значение для объяснения вертикальной зональности на этих месторождениях отводится изменению режима кислотности-щелочности растворов. По данным большинства исследователей, фтор выносится из магматических очагов, в которых натрий преобладает над калием, а максимальное отложение его в рудных телах происходит при слабокислом, близком к нейтральному состоянию растворов. В сходных условиях (несколько более высокой щелочности растворов) кристаллизуется кварц и кальцит. Образование же барита, наоборот, происходит из растворов несколько повышенной кислотности. Предполагается, что промышленные скопления барита в отличие от флюорита образуются в том случае, если гидротермальные растворы генерируются расплавами, в которых калий преобладает над натрием.

Характерными месторождениями этого минерального типа являются Бадамское, Наугарзанское, Агата-Чибаргатинское в СССР, Жуне в Югославии и некоторые месторождения во Франции.

Бадамское барит-флюоритовое месторождение расположено в Бадамских горах (Южный Казахстан)—юго-западном отроге хр. Таласский Алатау. Район месторождения представляет собой антиклиналь, сложенную известняками нижнего карбона (визейский ярус). Из изверженных пород в районе месторождения известна единственная пластовая жила биотитового порфирита мощностью в несколько десятков метров. По северо-восточному крылу антиклинали проходит сброс, к полости которого и приурочено барит-флюоритовое оруденение. Простираание сброса северо-западное, падение почти вертикальное на северо-восток. Оруденение локализовано в сравнительно узкой полосе известняков, прилегающих к сбросу.

На месторождении выявлено шесть обособленных рудных тел протяженностью от 52 до 280 м, мощностью от 1,32 до 13,25 м. Падение тел юго-западное под углом 55—70°. Сложены руды преимущественно баритом и флюоритом. Последний образует в барите вкрапленность и обособления размером 10—20 см и крупнее. Некоторые более крупные гнездообразные выделения чистого флюорита достигают 3,7—4,2 м. Кроме барита и флюорита в составе руд отмечаются кальцит, блеклая руда, халькопирит, халькозин, ковеллин, азурит, малахит, хризоколла, витерит, халцедон, пирит, лимонит и серицит.

Содержание  $BaSO_4$  в руде колеблется от 19,26 до 84%, среднее 40—45%. Технологическими испытаниями, проведенными на пробе руды с содержанием  $BaSO_4$  38%,  $CaF_2$  34%,  $CaCO_3$  4,8% и  $CaO$  0,6%, получены концентраты с содержанием барита 90—96% и флюорита 97—98%.

По запасам барита и флюорита Бадамское месторождение является мелким.

Соотношение минералов и их ассоциации в рудах свидетельствуют о многостадийном гипогенном процессе. Ю. А. Зуев и Е. А. Соколовский (1966 г.) выделяют три основных этапа минералообразования: дорудный (кварц, флюорит и барит), сопровождавшийся окологрудными изменениями, рудный этап (кварц, флюорит, барит, в незначительных количествах пирит, сфалерит, блеклая руда и галенит) и пострудный (доломит, кальцит и флюорит).

Основными текстурами руд являются массивная, вкрапленная и полосчатая, реже друзовая и брекчиевидная. Массивная текстура характерна в основном для мономинеральных баритовых рудных тел, имеющих гнездообразную и линзообразную форму. Флюорит, если он присутствует в гнездах и линзах вместе с баритом, создает вкрапленную текстуру. Полосчатая текстура характерна для руд с чередованием полос барита (мощностью 2—35 см) и окварцованного известняка (мощностью 1—2 см). В полосах обоих типов отмечаются вкрапленность блеклой руды и флюорита; последний иногда без четких границ образует также полосы мощностью 1—1,3 см. Полосчатость объясняется как избирательным замещением известняка баритом и флюоритом, так

и последовательным отложением вещества на стенках открытых трещин. В рудах брекчиевой текстуры угловые обломки барита и флюорита размером до 2 см в поперечнике сцементированы кварцем, который частично замещает обломки барита.

Наиболее распространенными структурами в рудах являются гипидиоморфнозернистая, пойкилитовая, полосчатая, цементная, коррозионная, интерстиционная и краевых каемок.

По генезису Бадамское барит-флюоритовое месторождение является низкотемпературным гидротермальным, о чем свидетельствуют парагенетическая ассоциация барита с сурьмяной блеклой рудой и наличие в последней примеси ртути (до 1%), а также кубическая форма кристаллов флюорита. Гидротермальные растворы предположительно связываются с дериватами щелочной магмы. Выходы щелочных пород (сиенит-порфиров) известны в непосредственной близости от месторождения. Они представляют собой наиболее молодые интрузивные образования в Южном Казахстане (позднекиммерийские).

Наугарзанское кварц-барит-флюоритовое месторождение расположено на юго-восточных склонах Кураминского хребта. Представлено оно мощной кварц-барит-флюоритовой жилой, протягивающейся на 1,2 км и имеющей мощность в центральной части до 41,5 м. Падение жилы крутое. Месторождение изучалось и разведывалось как флюоритовое.

Основными минералами, слагающими жилу, являются кварц, плавиковый шпат, барит и кальцит. Примерный средний состав центральной части жилы следующий:  $\text{SiO}_2$  63%;  $\text{CaF}_2$  30%;  $\text{BaSO}_4$  1,5%;  $\text{CaCO}_3$  15%;  $\text{Pb}$  1,5%;  $\text{Zn}$  0,5%.

Барит представлен двумя генерациями. Основную массу составляет барит первой генерации, представленной таблитчатыми кристаллами выделившимися в основном после флюорита и массивно-кристаллического кварца. Барит второй генерации встречается в пустотах рудной брекчии в виде хорошо образованных кристаллов размером до 1—10 м. Отлагался он совместно с флюоритом и кварцем, но несколько позже их.

В центральной части жилы преобладает флюорит, в восточной части (протяженностью 360 м) заметно возрастает содержание барита и галенита и соответственно уменьшается содержание флюорита, а на западном участке (протяженность 300—380 м) жила сложена в основном кварцем и обломками вмещающих пород, а из рудных минералов наиболее широко развит галенит (содержание до 10—15%, в среднем по жиле 1,5—2%). Максимальное содержание барита в восточной части жилы 50—60%, среднее 8—10%. С глубиной оно уменьшается и на горизонте 40 м от поверхности барит почти совершенно исчезает, в то время как содержание флюорита, наоборот, увеличивается.

Изучение материалов по Наугарзанскому месторождению показало, что руды, богатые баритом, отработанные до глубины 40 м от поверхности, находятся в отвалах. В настоящее время месторождение разрабатывается на плавиковый шпат на глубине

более 45 м. Содержание  $BaSO_4$  в руде, поступающей в переработку на обогатительную фабрику, колеблется от нуля до 5,69%. На основании технологических исследований и расчетов установлено, что руды Наугарзанского месторождения не представляют интереса для комплексной разработки на плавиковый шпат и барит.

За рубежом барит-флюоритовые месторождения широко развиты во многих странах. Наибольший интерес из них представляют месторождения Нидершлаг (ФРГ), Жуне (Югославия), некоторые месторождения Франции, Италии и других стран.

Месторождение Жуне (Югославия) расположено в 60 км северо-западнее г. Баня-Лука, в 5 км к западу от населенного пункта Любия Ислам.

Запасы месторождения по категориям А+В составляют 3,64 тыс. т и по С<sub>1</sub> 6,1 тыс. т. Месторождение эксплуатируется с 1905 г.; из него ежегодно добывается 1,8—2 тыс. т барит-флюоритовой руды.

Главная барит-флюоритовая жила прослежена по простиранию в близширотном направлении более чем на 300 м и имеет мощность 3—8 м; падение ее вертикальное. Жила залегает в палеозойских доломитах. В разрезе жила имеет асимметричное строение: вдоль южного контакта она сложена баритом, содержащим обломки доломита и гнезда флюорита. Центральная часть представлена чистым баритом с редкими гнездами флюорита. В северном контакте жилы располагается пористый барит с отдельными включениями флюорита.

Формирование барит-флюоритовой жилы связывается с тремя стадиями гидротермального процесса: ката-мезотермальной (флюорит I генерации, кальцит, самородное золото, пирит, реальгар), эпитеpmальной (барит, флюорит II генерации) и реювенационной (выщелачивание и отложение тетраэдрита и циннабарита). Основная масса флюорита образовалась в первую стадию. Соотношение барита и флюорита в жиле 4:1. Содержание  $BaSO_4$  колеблется от 5 до 90%;  $CaF_2$  от 10 до 40%.

Барит-флюоритовые месторождения Франции в основном жильные и находятся в пределах массивов Мор, Таннерон, Эстераль и Прованс, расположенных на юге Франции. Жилы развиты главным образом в структурах фундамента массивов, сложенных кристаллическими сланцами, местами перекрытыми каменноугольными осадочно-вулканогенными отложениями. Генезис месторождений гидротермальный, формировались они в две стадии: кварц-сульфидную и флюорит-баритовую. Наибольшее содержание барита характерно для верхних частей жил; с глубиной постепенно увеличивается количество флюорита, а затем и сульфидов.

С экономической точки зрения барит-флюоритовые месторождения юга Франции разделяются на три группы: 1) с запасами более 100 тыс. т — Фонтсат в массиве Таннерон, 2) с запасами от 20 тыс. до 100 тыс. т — Фурнель, Пеннафорт, Эстераль в мас-

сивах Таннерон и Эстераль и 3) с запасами менее 20 тыс. т — Вокрон, Сант-Мартин и другие месторождения. Возможные суммарные запасы определяются в 1,2 млн. т флюорита и 0,4 млн. т барита.

В последние годы (после 1965 г.) в северо-западном окончании гранитного хребта Морвана было открыто четыре барит-флюоритовых месторождения жильного и метасоматического типов. Запасы руды в них оценивались более чем в 3 млн. т; содержание  $\text{CaF}_2$  от 34 до 39% и  $\text{BaSO}_4$  от 9 до 15%.

В Италии на барит-флюоритовом месторождении Пиансиано (в 40 км северо-западнее Рима) достоверные и вероятные запасы руды составляют 7 млн. т, содержание  $\text{CaF}_2$  55—56%,  $\text{BaSO}_4$  13%.

В Великобритании на месторождениях, расположенных в южной части Пенсильванских гор, достоверные и вероятные запасы барит-флюоритовой руды составляют 4 млн. т, содержание  $\text{CaF}_2$  20—60%,  $\text{BaSO}_4$  15%.

В Канаде на о. Кейн-Бретон (Новая Шотландия) запасы барит-флюоритовой руды 4,5 млн. т, содержание  $\text{CaF}_2$  17%,  $\text{BaSO}_4$  33%.

В Тунисе на месторождении Эль-Хаммам запасы барит-флюоритовой руды 4 млн. т, содержание  $\text{CaF}_2$  30—35%,  $\text{BaSO}_4$  40—50%.

**Подгруппа вулканогенных гидротермальных месторождений.** Месторождения этого типа связываются с: 1) наземным (или подводным) преимущественно андезито-дацитовым вулканизмом поздней стадии геосинклинального развития, 2) щелочными траппами периодов тектонической активизации древних платформ.

Основные промышленные минеральные типы их представлены как собственно баритовыми (баритовая, кварц-баритовая и кварц-барит-кальцитовая ассоциации), так и комплексными (барит-полиметаллическая ассоциация) месторождениями, в которых барит, как правило, является попутным компонентом, а основными компонентами руды — сульфиды и сульфосоли цветных металлов.

Характерной особенностью месторождений вулканогенной гидротермальной подгруппы является то, что они обычно приурочены к вулканическим аппаратам, трубкам взрыва или локализирующим их структурам центральных и линейных типов, а также к эруптивным брекчиям. Известны также месторождения, контролируемые разломами в лавовых и пирокластических полях. Рудные тела имеют форму жил, труб и штокверков. В отличие от плутогенных гидротермальных месторождений рудные тела вулканогенных гидротермальных месторождений меньше, быстро выклиниваются с глубиной. Для вулканогенных месторождений характерны свои типы окolorудно измененных вмещающих пород: окварцевание, пропилитизация, алунификация, баритизация и каолинизация, — свидетельствующие о кислородном характере рудообразующих растворов, и метаколлоидные текстуры руд. Рассматриваемые месторождения формируются в приповерхностных условиях, на глубине от не-

скольких десятков — сотен метров до 1 км. Большинство исследователей считают, что они возникли в условиях резкого перепада температуры и давления при стремительно возрастающем кислородном потенциале. Такая обстановка приводила к большой скорости минералоотложения, вследствие чего в сокращенном по вертикали интервале отлагались сложные и разнообразные парагенетические ассоциации — сульфидов, сульфосолей, сульфатов и окислов.

Многие рудные тела в приповерхностных условиях обогащены баритом, с глубиной он сменяется кварцем, простыми сульфидами (галенит, сфалерит, халькопирит и др.), иногда содержащими золото и серебро. Отмечается также обратная зональность (при образовании пластовых полиметаллических и барит-полиметаллических залежей), т. е. баритовые жилы являются корнями рудных залежей. Такие месторождения рассматриваются в вулканогенно-осадочном генетическом классе.

Часто из-за сложности геологического строения рудных полей, длительности развития тектонических структур и многоэтапности гидротермальной деятельности в течение большого отрезка времени вулканогенные месторождения трудно отличить от плутогенных.

К жильным и метасоматическим вулканогенным гидротермальным баритовым и барит-полиметаллическим месторождениям можно отнести Беганьское на Украине, Белореченское на Северном Кавказе, Туюкское в Южном Казахстане. Наиболее характерно Беганьское месторождение.

Беганьское баритовое и барит-полиметаллическое месторождение расположено в пределах Земплин-Циблешской структурно-фациальной зоны (поднятие первого порядка), отделяющей Большую Венгерскую впадину от Закарпатского внутреннего прогиба. Эта горст-антиклинальная зона с юго-запада ограничена Средне-Тисенским прогибом, а с северо-востока — Мало-Беганьской впадиной.

Наиболее древними (триас) породами в районе месторождения являются диабазы, диабазовые порфириты, их туфы с прослоями известняков, доломитов и радиоляриевых яшм. Породы донеогенового фундамента (мел — палеоген) представлены известковистыми песчаниками и слюдисто-глинистыми известковистыми сланцами, чередующимися с многочисленными пластообразными телами диабазов.

Доминирующее положение в районе занимают тортонские и сарматские излившиеся и пирокластические породы, местами переслаивающиеся с органогенно-терригенными отложениями. Общая мощность их в пределах Беганьского рудного поля 1200—1500 м. Неогеновые отложения характерны для разреза горст-антиклинали.

В структурном отношении рудное поле месторождения разделено разломами на три блока второго порядка: Беганьский, Косинский и Поповско-Косинский, представляющие собой ступен-

чатые горсты, смещенные по вертикали относительно друг друга системой сбросов. Эта структура формировалась параллельно с вулканическим сооружением центрально-линейного типа.

Беганьский и Поповско-Косинский горсты в свою очередь разделены сбросами субширотного простирания на ряд блоков, смещенных по вертикали относительно друг друга на 80—150 м.

Наиболее изучен Беганьский горст, в пределах которого выделяются два приподнятых участка (Беганьско-Дедовский и Заставненский) и один опущенный.

К поднятиям приурочены все рудные тела Беганьского месторождения. Вмещающими породами их является нижнесарматская доробратовская свита, представленная тремя горизонтами риолитовых туфов с подчиненными им горизонтами переслаивающихся аргиллитов и песчаников, общей мощностью около 800 м. Нижнесарматские отложения образуют пологую антиклинальную складку. Перекрыты четвертичными песчано-глинистыми образованиями, максимальная мощность которых на водораздельной части горы Беганьской и ее склонах 10—20 м, а в пределах равнинной части до 80 м.

Верхний горизонт риолитовых туфов представлен в основном псаммитовыми и гравийными разностями, реже встречаются лапиллиевые и агломератовые ксенотуфы. Большая часть горизонта (до глубины 150—170 м) в пределах тектонического блока, к которому приурочено месторождение, интенсивно изменена гидротермальными и фумарольно-сульфатарными процессами и превращена во вторичные кварциты. Среди последних выделяются четыре основных фации: кварц-каолин-алунитовые, каолин-кварц-алунитовые, опал-алунитовые и алунит-кварцевые породы. Содержание алунита в породах 30—50%. Распределен он чаще всего неравномерно; исключения представляют каолин-кварц-алунитовые породы, в них алунит распределен более или менее равномерно.

Среди риолитовых туфов среднего горизонта преобладают псаммитовые разности и значительно реже встречаются алевролитовые и пелитовые туфы. Туфы этого горизонта также интенсивно изменены. Нижний горизонт риолитовых туфов представлен сильно пиритизированными риолитовыми ксенотуфами и туффитами с редкими прослоями туфопесчаников.

Промышленная барит-полиметаллическая минерализация на Беганьском месторождении локализуется в тектонических зонах четвертого и пятого порядков. Эти нарушения представляют собой сбросы, в основном северо-северо-западного простирания. Падение их либо западное, либо восточное под углом 55—80°. Вертикальные амплитуды перемещений колеблются от 10—15 до 90—150 м.

Наиболее крупным рудным телом на месторождении является зона Майская. Простирание его в среднем около 345°, на севере оно ограничено субширотным сбросом, падающим на запад под углом 50—75°. Верхние горизонты Майской рудной зоны сложены кварц-баритовыми рудами, которые на глубине постепенно сменя-

ются смешанными барит-полиметаллическими, затем свинцово-цинковыми, а еще глубже среди полезных компонентов руд главную роль приобретает медь.

Средняя мощность рудного тела в его баритовой части 5—8 м. В центральной части рудного тела наибольшая концентрация барита приурочена к месту сочленения рудовмещающего сброса с отложениями нижнедоробратовской подсветы, на флангах максимальная концентрация рудного вещества наблюдается на некотором расстоянии от места сочленения сброса с осадочными породами.

В целом зона Майская представляет собой невыдержанное по мощности и содержанию барита жилообразное тело. К нему причленяются многочисленные апофизы (Безымянная, Августовская, Сентябрьская 1, апофизы 1, 2, 3, 4 и 5, Староапрельская и др.). Места сочленения зоны и апофиз являлись наиболее благоприятными для отложения рудного вещества. Мощность рудного тела здесь, как правило, резко увеличивается.

Кроме основной Майской рудной зоны на Беганском месторождении выявлены Лесная, Новоапрельская и Октябрьская рудные зоны меньших размеров. Несколько особое положение занимают рудные тела, локализованные в субширотных тектонических структурах. Для них характерны субширотное простираание (260—280°), крутое южное и северное падение. Прослеженная длина их оруденелых частей 160 м (Широтная зона), по падению оруденение прослеживается на 120 м. Промышленные баритовые руды обнаружены только в Широтной зоне.

Минеральный состав руд Беганьского месторождения сложный: зафиксировано 44 минерала. Выделяется шесть основных сортов руд: алунитовые, баритовые, смешанные (полиметаллически-баритовые и барит-полиметаллические) и полиметаллические.

Ведущими минералами алунитовых руд являются алунит, кварц, халцедон, опал, каолинит, значительно реже гематит, галлуазит, ферригаллуазит, карбонаты, киноварь, барит. Эти руды на нижних горизонтах пересекаются баритовыми и смешанными барит-полиметаллическими. Основные минералы их барит, кварц, каолинит, алунит, меньше гематит и ферригаллуазит. Текстура руд — массивная, прожилковая, реже симметрично-поясовая. Массивная и симметрично-поясовая (крустификационно-полосчатая) текстуры характерны для центральных частей рудных тел, в зальбандах их и на флангах преобладают прожилковые текстуры.

На месторождении выделяются три типа руд: кварц-баритовые, барит-полиметаллические и полиметаллические.

Кварц-баритовые руды, приуроченные к верхним горизонтам, содержат  $BaSO_4$  от нескольких процентов до 70—80%, в среднем 37—40%,  $SiO_2$  17—30%, алунита и каолинита — от 13 до 30%, окислов и гидроокислов железа 1—8%.

В барит-полиметаллических рудах содержание  $BaSO_4$  колеблется от 19 до 85%. Основными компонентами жил являются

кварц и глинистые минералы. В небольших количествах в рудах содержатся цинк, свинец и другие элементы.

По данным А. К. Авгиева, М. А. Клитченко (1972 г.), гидротермальные преобразования окolorудных пород отвечают метасоматической колонке формации вторичных кварцитов. Снизу вверх сменяются зоны пропилитизированных, адуляризованных, аргиллизированных пород и собственно вторичных кварцитов, несущих промышленную алунитовую минерализацию. Размещение оруденения и геохимических ореолов контролируется определенными фациями метасоматитов. В зоне кислотного выщелачивания, в пределах развития алунит-каолиновых вторичных кварцитов, размещены баритовые руды, сопровождающиеся широкими ореолами мышьяка, молибдена, иода, ртути, и бария. При этом контуры промышленной алунитовой минерализации в общих чертах совпадают с геохимическими ореолами бария, что позволяет рассматривать алунитовые вторичные кварциты в качестве важного критерия при оценке барит-полиметаллических руд.

Полиметаллическая минерализация и связанные с ней ореолы совмещены с фациями аргиллизированных пород.

На генезис Беганьского месторождения имеется несколько точек зрения. По М. Ю. Фишкину, А. Ф. Коржинскому и др. (1965, 1966 гг.), все руды месторождения образовались в раннем сармате в одну стадию гидротермальной деятельности. Формирование алунитсодержащих вторичных кварцитов и барит-полиметаллического оруденения при этом связывается с окислением сероводорода восходящих рудоносных гидротермальных растворов.

По Г. Г. Сасину (1964—1968 гг.), алунитсодержащие вторичные кварциты образовались ранее барит-полиметаллических руд: возраст алунитовой минерализации — нижний сармат, полиметаллической — средний сармат.

Э. А. Лазаренко (1963, 1968 гг.) считает полиметаллическое оруденение более ранним (миоцен), чем алунитовое, связанное с плиоценовой вулканической деятельностью.

По данным А. К. Авгиева и М. А. Клитченко (1972 г.), Беганьское рудное поле является типичным примером гидротермального месторождения, сформировавшегося на заключительных этапах раннесарматской вулканической деятельности в субаэральной фации глубинности. Результатом деятельности рудоносных эксгалационных растворов явилось образование массива гидротермальных метасоматитов и серии рудных тел (внежерлового) трещинного типа.

По Б. В. Грибанову и Н. И. Боеву (1972 г.), формирование Беганьского рудного поля началось в раннем сармате и кончилось в плиоцене. Образование руд на месторождении они связывают с остыванием нескрытого эрозией гипабиссального штока кислых пород (судя по повышенному современному геотермическому градиенту в поле месторождения, этот процесс еще не закончен). Хорошо проявившаяся гипогенная зональность в пределах Майской зоны, по их мнению, является прекрасным примером одно-

актного выделения в течение длительного времени гидротермальных растворов, состав которых изменялся, в области более низких давлений понижалась температура. В подтверждение своей точки зрения они приводят следующие доводы.

Терригенные отложения нижнедоробратовской подсветы сменялись взрывной пирокластической риолитовой материей. Основной центр извержения, судя по расположению агломератовых туфов, находился в районе Косинской горы.

Периодическое чередование слоев агломератовых, гравийных и псаммитовых риолитовых ксенотуфов свидетельствует о том, что взрывная деятельность повторялась многократно, а нахождение игнимбитовых образований заставляет предполагать фумарольно-сульфатную деятельность в промежутках между взрывами. В самом конце раннего сармата вулканическая деятельность завершилась излиянием риолитов (перекрывающих местами вторичные кварциты) и внедрением экструзивной дайки по оси гор Заставной и Косинской. В среднем сармате вулканическая деятельность в пределах Косинского вулканического сооружения прекратилась. Отмечаются лишь тектонические подвижки и отложение барит-полиметаллического оруденения, что подтверждается находками прожилков барита, галенита и сфалерита в породах луковской свиты и в риолитах Косинского вулканического купола.

Изложенные данные дают основание считать риолиты дорудной формацией, а не пострудной, как это следует из первой гипотезы. В последнее время вдоль сбросового нарушения, отделяющего горст-антиклинальную зону от Малобеганьской впадины, обнаружены излияния андезитов и их туфов паннонского возраста, несущие обломки алунитсодержащих кварцитов.

**Подгруппа телетермальных баритовых месторождений.** Происхождение телетермальных месторождений в настоящее время представляет одну из острых проблем теории рудообразования. Большая часть геологов склонна рассматривать их как первично осадочные сингенетические месторождения, претерпевшие в последующем изменения, напоминающие гидротермальный метасоматоз. Доказательство этому они видят в пластовом стратиформном характере залегания рудных тел, не обнаруживающих видимой связи с секущими рудоподводящими каналами и магматическими породами. Подобные месторождения отнесены нами к осадочному (Кужинское, Чиганакское и др.) или осадочно-вулканогенному (Миргалимсальское, Уч-Кулачское, Каратауское) типам и рассматриваются при описании соответствующих генетических классов баритовых месторождений.

Другие исследователи считают телетермальные месторождения эпигенетическими гидротермальными образованиями (Жайремское, Ушкатын III, Бестюбинское, Туюкское и др.), связанными с залегающими на глубине интрузиями, или же с вулканогенно-гидротермальными процессами, протекавшими на дне морей, в бассейне рудонакопления. В пользу этой точки зрения приводятся

такие данные, как отсутствие связи между размещением месторождений и изменением фаций рудоносных осадочных пород, наличие на многих месторождениях наряду с пластовыми секущими рудных тел, изменение вмещающих рудные тела пород в виде окварцевания, доломитизации, серицитизации и каолинизации, метасоматическое замещение вмещающих пород рудным веществом, сравнительно широкий диапазон температур минералообразования, определяющейся по данным гомогенизации газовой-жидких включений в 200—100—50° С.

Третья группа геологов считает, что эпигенетический характер этих месторождений обязан воздействию химически активных подземных вод глубокой циркуляции. В доказательство приводятся данные о заимствовании свинца, цинка и бария из древних отложений и серы из сульфатов подземных вод, что подтверждается определением возраста изотопов этих элементов.

По гидротермальной гипотезе подавляющая часть телетермальных месторождений (жилые и метасоматические в Туркмении и Закавказье) формировалась на глубине от нескольких сот метров до первых километров, т. е. в условиях верхней части гипабиссальной и нижней части приповерхностных зон.

Таким образом, телетермальная подгруппа месторождений является как бы связующим звеном осадочных, осадочно-вулканогенных и гидротермальных классов месторождений. Типичные телетермальные месторождения барита (Арпакленское, Апшринское и др.) описаны нами в классе гидротермальных месторождений. Стратиформные месторождения (Уч-Кулачское, Миргалимсайское и др.), относимые многими исследователями к телетермальным, рассмотрены в вулканогенно-осадочном генетическом классе, в подгруппе месторождений, образовавшихся в геосинклинальных трогах без существенного влияния вулканизма, а также без видимой связи с интрузивными породами.

#### КЛАСС ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ БАРИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Стратиформные колчеданные и полиметаллические месторождения обычно смешанного осадочного и гидротермального (вулканогенного, реже плутогенного) генезиса. Общей чертой этого большого и спорного в отношении генезиса класса стратиформных месторождений является то, что они залегают в близких им по возрасту осадочных, вулканогенно-осадочных или вулканогенных толщах. По геотектоническим условиям локализации описываемые месторождения можно подразделить на две группы:

1) колчеданные барит-полиметаллические вулканогенные или вулканогенно-осадочные месторождения, локализующиеся в эвгеосинклинальных зонах с существенно подводными условиями вулканизма и рудонакопления;

2) барит-полиметаллические месторождения, подразделяющиеся на две подгруппы: а) гидротермальные вулканогенно-осадоч-

ные месторождения, которые локализованы среди континентальных вулканитов позднегеосинклинальных прогибов, а рудонакопление связано с наложением на первоначально седиментогенные образования плутогенного гидротермального процесса; б) телетермальные (седиментационно-катагенетические) месторождения, локализованные в наложенных прогибах без существенного проявления вулканизма в этапы активизации платформенных структур.

Возрастной диапазон месторождений вулканогенно-осадочного класса весьма обширный — от докембрия до неогена. Соотношение пород осадочных и вулканогенных формаций в объеме рудоносных структурных этажей весьма изменчивы. Например, на Урале колчеданные баритовые месторождения приурочены к нескольким структурным этапам мощной вулканогенно-осадочной формаций с преобладанием пород среднеосновного состава. Образование этих толщ относится к раннему и среднему палеозою, начальным этапам развития каледонской и герцинской геосинклиналей. В Саянах, где развиты нижнекембрийские эффузивы и субвулканы преимущественно кислого состава, колчеданные баритовые месторождения (Салаирская группа) приурочены к нижнекембрийским морским вулканогенно-осадочным толщам.

В Рудном Алтае среди вулканогенных пород преобладают кислые разности, а образование колчеданных баритовых месторождений относится к рубежу девона и карбона и предшествует складчатости, проявившейся в конце визе — намюре.

Для районов распространения колчеданных баритовых месторождений Кавказа характерно неоднократное их формирование, каждый раз в начальные этапы развития подвижных поясов: герцинского (на рубеже девона и карбона), киммерийского (в юре) и альпийского (в позднем мелу и палеогене).

В Центральном Казахстане барит-полиметаллические месторождения связываются с тремя типами структурно-фациальных зон:

1) эвгеосинклинальными с набором кембро-ордовикских спилит-керитофировой, кремнисто-спилит-диабазовой и кремнисто-терригенной формаций, в которых развиты жильные и метасоматические барит-полиметаллические месторождения;

2) структурно-фациальными зонами терригенных флишондных формаций ( $S-D_1$ ), с которыми связаны осадочные позднее метаморфизованные баритовые месторождения (Западно-Балхашского и Байканур-Ишимского районов);

3) с зонами наложенных позднегеосинклинальных впадин ( $D_2-C_1$ ), выполненных вулканогенно-терригенными формациями с преобладанием вулканитов среднекислого состава. В последних развиты преимущественно стратиформные барит-полиметаллические месторождения.

По запасам барита стратиформные вулканогенно-осадочные месторождения колчеданной и полиметаллической формаций имеют ведущее промышленное значение среди других генетических

классов месторождений. Из этих месторождений в настоящее время добывается более 80% попутного барита.

Баритовые месторождения колчеданной группы большинством исследователей относятся к доскладчатым образованиям, а полиметаллической связываются с поздними (и орогенными) этапами развития геосинклиналей и синхронным развитием впадин и авлакогенов на платформах. Другой отличительной особенностью месторождений этих групп является их минеральный состав. В колчеданной группе обычно отсутствуют арсенид-никель-кобальтовая, сурьмяно-ртутная и редкометалльная минерализация. Кроме того, рудам этих месторождений свойственны одинаковая степень дислоцированности с вмещающими породами, проявление четкой зональности по нормали к напластованию вмещающих пород и ряд других признаков. Для месторождений как колчеданной, так и полиметаллической группы основным источником полезных компонентов являются вулканические продукты, включая последующие разрушение и переотложение вулканических образований в условиях континентального литогенеза. Различное сочетание этих процессов определяет генетический тип месторождений (вулканогенный, вулканогенно-осадочный, осадочно-вулканогенный и осадочный), а также специфику минерального состава руд и морфологии рудных тел.

Локализация рудного вещества в осадочных породах в стадии седиментации связывается с химическими, физико-химическими и биологическими процессами. По данным Ю. В. Семеновского (1970 г.), медь, цинк, барий, свинец и другие элементы из растворов переходили в осадочные породы в результате реакции обмена с карбонатными осадками или под влиянием сероводорода. Е. З. Бурьянова (1971) считает, что минеральный парагенезис в стратиформных месторождениях свинца, цинка и бария связан с накоплением известковистых илов, которые совместно с  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ ,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{PbCO}_3$  и отчасти  $\text{ZnCO}_3$  образуют тонкие взвеси. В диагенетическую стадию эти соединения в результате биогенной сульфатредукции замещались сульфидами ( $\text{PbS}$  и  $\text{ZnS}$ ).

Большинство исследователей также считают, что формирование вулканогенно-осадочных (в основном колчеданно-баритовых) и осадочно-вулканогенных (в основном барит-полиметаллических) стратиформных месторождений происходило на дне акваторий при благоприятных физико-химических условиях с участием бактерий, которые способствовали концентрации металлов.

Характерной особенностью вулканогенно-осадочного класса стратиформных баритовых месторождений является вертикальная и горизонтальная зональность их минерального состава. Так, например, на колчеданно-баритовых месторождениях Рудного Алтая нижние части залежей обычно являются халькопирит-пиритовыми, средние — сфалерит-халькопирит-пиритовыми, а верхние — сфалерит-галенитовыми с баритом и гипсом. Ахталское месторождение в Армении представляет собой согласную с на-

пластованием вмещающих пород залежь массивных руд трех типов: серноколчеданных, приуроченных к низам залежи, галенит-сфалеритовых — в средней части и баритовых — в кровле, где отмечается обширный ореол рассеяния иода и ртути.

На Маднеульском месторождении в Грузии медно-барит-полиметаллическое оруденение локализовано в толще туфогенных пород, полого падающих на юг. В верхней части рудоносной толщи развиты баритовые руды, сменяющиеся на глубине барит-медно-цинковыми, медно-цинковыми и медными рудами. При этом рудные тела (так же как и для большинства других месторождений) не имеют четких границ и определяются по данным опробования.

Кроме вертикальной, многими исследователями отмечается также горизонтальная зональность колчеданных месторождений. Так, А. Н. Кен и В. И. Васильев (1970) для колчеданных месторождений указывают на следующую (обобщенную) характеристику горизонтальной зональности: в направлении от центров поднятий в глубь геосинклинальных прогибов наблюдается последовательная смена барит-золото-серебряного оруденения барит-полиметаллическим, колчеданно-полиметаллическим, халькопирит-сфалеритовым, халькопирит-пиритовым и халькопирит-пирит-пиротиновым.

Отмеченная вертикальная и горизонтальная зональность колчеданных месторождений, по-видимому, отражает возрастающую вверх по разрезу и к береговой линии бассейна активность кислорода и ослабление активности серы в эпоху рудообразования.

Снизу вверх по разрезу (табл. 9) бескислородные сульфидные руды (с пиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом) сменяются барит-полиметаллическими (с галенитом, сульфосолями, аргентитом, борнитом, халькозином, марказитом, англезитом, самородной медью, серебром, гематитом, иногда псиломеланом, гипсом, кальцитом, пиролюзитом и манганитом) и далее безрудным парагенезисом из барита и кварца.

Подмечено, что соотношения свинца, цинка и меди (вместе с сопутствующими элементами) меняется скачкообразно, обуславливая полосчатую текстуру руд. При этом для колчеданных барит-полиметаллических залежей характерна ритмичная полосчатость, проявленная согласно с напластованием вмещающих пород, на фоне общей вертикальной зональности.

Кроме прямой вертикальной зональности (Кен, Васильев, 1970) иногда фиксируется обратная горизонтальная зональность оруденения, проявленная в смене минерализации от центра к флангам согласных залежей: барит-золото-серебряная → барит-полиметаллическая → колчеданно-полиметаллическая → серноколчеданная.

Таким образом, в целом для вулканогенно-осадочного класса баритовых месторождений характерны следующие особенности: — формирование месторождений в акваториях геосинклиналь-

Сводная коловка первоначальной вертикальной зональности для колчеданной группы баритовых месторождений. По А. Н. Кену и В. И. Васильеву (1970)

Условия рудообразования	Жильные минералы	Характерные рудные минералы	Характерные рудные элементы
Область кислородсодержащих метеорных вод глубокой инфильтрации	CaCO <sub>3</sub> SiO <sub>2</sub> BaSO <sub>4</sub>	—	I, P
	CaCO <sub>3</sub> CaSO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O SiO <sub>2</sub> BaSO <sub>4</sub>	MnO <sub>2</sub> · Mn(OH) <sub>2</sub> · MnO <sub>2</sub> <i>m</i> MnO · MnO <sub>2</sub> · <i>n</i> H <sub>2</sub> O Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Ag, Au	Mn, Fe Ag, Au
	SiO <sub>2</sub> CaCO <sub>3</sub> SrSO <sub>4</sub> BaSO <sub>4</sub>	PbSO <sub>4</sub> , Cu Сульфосоли Cu, Pb, Ag Cu <sub>2</sub> S, Ag <sub>2</sub> S, (HgS) Cu <sub>5</sub> FeS <sub>4</sub> , PbS FeS <sub>2</sub> (марказит)	Cu+ Pb, Ag, Hg
Область застойных сероводородных морских захороненных вод	Серицит SiO <sub>2</sub>	PbS ZnS (вюртцит, сфалерит)	Pb (Zn)
	SiO <sub>2</sub>	ZnS (сфалерит) CuFeS <sub>2</sub> , PbS FeS <sub>2</sub> (пирит)	Zn (Pb, Cu)
	Хлорит	CuFe <sub>2</sub> (ZnS) FeS <sub>2</sub> (пирит), Fe <sub>1-x</sub> S	Cu <sup>2+</sup> (Au) Fe <sup>2+</sup>

ных и платформенных морей в разные периоды геологической истории Земли;

— локализация оруденения в определенных эффузивно-осадочных формациях и на определенных этапах эволюции подвижных поясов;

— стратиформный контроль оруденения;

— значительное площадное распространение;

— преимущественно пластообразная и линзообразная форма рудных тел;

— своеобразные структурно-текстурные особенности руд — широкое распространение вкрапленных и массивных руд;

— роль органической деятельности в формировании рудного вещества;

— изменчивый состав руд, определяемый особенностями химизма магматических очагов, общей направленностью вулканизма. В общей массе рудных минералов преобладают сульфиды железа, а среди нерудных минералов — барит.

*Группа колчеданных (стратиформных) баритосодержащих  
вулканогенных и вулканогенно-осадочных месторождений*

Месторождения этой группы приурочены к эвгеосинклинальным прогибам и распространены среди отложений нижнего структурного этажа. Они формировались до проявления складчатости и внедрения гранитоидных батолитов. Эвгеосинклинальные прогибы с месторождениями этого типа характеризуются малой мощностью «базальтового» (менее 10 км) и повышенной мощностью «базальтового» (до 40 км).

В строении толщ, вмещающих колчеданные баритовые месторождения, принимают участие отложения аспидной, флишевой, кремнисто-сланцевой и карбонатной формаций, обычно подчиненные по объему вулканитам основного и кислого состава. Наиболее тесную пространственную связь колчеданные баритовые месторождения обнаруживают с субвулканическими телами калинатровых порфировых пород. Общим положением для большинства месторождений колчеданной баритовой группы является расположение вблизи доскладчатых покровов либо внутри последних, при этом эффузивы кислого состава часто экранируют промышленное оруденение.

В структурно-тектоническом плане, по данным М. Б. Бородаевской (1964), Ю. Ю. Воробьева (1963 г.) и П. Ф. Иванкина (1961 г.) и др., колчеданные месторождения приурочиваются к линейным зонам смятия и расланцевания. Другие исследователи (А. Н. Кен, 1968 г.; С. Н. Иванов, 1964; Г. Н. Щерба, 1968 г.) также указывают, что эти месторождения контролируются доскладчатыми структурами, по возрасту близкими к рудообразованию; системами разломов различных направлений, либо подводными вулканическими постройками купольного типа.

В морфологическом отношении колчеданно-барит-полиметаллические месторождения представляют собой пологие (обычно согласные с вмещающими породами) рудные залежи пластообразной, линзовидной, лентообразной или более сложной формы. На некоторых месторождениях развиты корневые секущие жилы и прожилки (выполняющие рудоподводящие трещины), переходящие выше в согласные залежи. Типичными для колчеданных баритовых месторождений являются многоярусные залежи в комбинации с корневыми рудными жилами. На месторождениях, верхи которых уничтожены эрозией, встречаются только секущие жилы (Чудакское на Алтае). Такая форма залежей свидетельствует о том, что рудоносные растворы поступали по крутопадающим разрывным трещинам и растекались в стороны по водонепроницаемым пластам, замещая их рудой. Если замещению подвергались пласты трещиноватых пород, происходило образование зон прожилкового, гнездово-вкрапленного и штокверкового оруденения пластообразной и лентовидной формы.

Наибольшую промышленную ценность представляют согласные залежи, обычно сложенные более богатыми рудами. Соглас-

ные залежи избирательно тяготеют к горизонтам, пачкам и линзам палеоводоносных пористых пород — туфобрекчиям, туфо-агломератам, псаммитовым и пепловым туфам кислого, смешанного и среднего состава, песчаникам и т. п.

Размеры согласных залежей колеблются в широких пределах: длина обычно измеряется несколькими сотнями метров, а линзовидные залежи прослеживаются на несколько километров; ширина залежей от нескольких десятков метров до нескольких сотен метров. Секущие (корневые) рудные жилы и прожилки имеют размеры: мощность от нескольких миллиметров до нескольких метров, по падению прослеживаются на десятки, иногда сотни метров; вертикальный размах секущих корневых жил обычно заметно превышает мощность согласных залежей.

Характерным для колчеданной группы баритовых месторождений является интенсивный динамометаморфизм при последующей складчатости, в результате чего рудные залежи совместно с вмещающими породами обычно смяты в сложные по форме, вихревые и флексуорообразные складки.

Многие исследователи колчеданных месторождений (А. Н. Кен, В. И. Васильев, 1969 г.; Иванов, 1964; В. П. Логинов, 1950 г.; Смирнов, 1964 г., 1968) отмечают, что рудное вещество, будучи пластичным, в процессе складчатости перетекало в зоны наименьшего давления, т. е. нагнеталось в замки антиклиналей и синклиналей, во флексурные перегибы, в зоны отслаивания, трещины, разрывы и т. п. Характерно образование над замками антиклинальных складок быстро выклинивающихся пологих рудных жил и тончайших параллельных прожилков.

По минеральному составу колчеданные баритовые месторождения можно подразделить на медноколчеданно-барит-полиметаллические (Гайское, Джусинское и др. на Урале, Салаирская группа в Саянах, Маднеульское на Кавказе, Березовское, Белосовское, Орловское, на Алтае), барит-полиметаллические (Змеиногорское, Петровское, Рачьевское на Алтае) и барит-гематитовые с наложенной сульфидной минерализацией (Братихинское на Алтае и Орлиногорское на Салаире). Как уже отмечалось, колчеданные баритовые месторождения имеют большое промышленное значение. Руды этих месторождений обычно сложены халькопиритом, сфалеритом, галенитом, пиритом и баритом, соотношение которых колеблется в широких пределах. Кроме перечисленных главных минералов встречаются пирротин, марказит, мельниковит, гематит, магнетит, блеклые руды, борнит, халькозин, ковеллин, энаргит, самородная медь, золото, серебро и другие минералы. Из нерудных минералов широко распространены барит, часто встречаются гипс, кальцит, доломит, кварц, серицит, хлорит, тальк, гидрослюда и опал. Характерной особенностью колчеданной группы баритовых месторождений является вертикальная и горизонтальная зональность рудоотложения.

Наиболее продуктивными геологическими эпохами в образовании колчеданных баритовых месторождений были каледонская,

киммерийская и альпийская. Среди большой группы этих месторождений по способу образования рудных тел и их морфологии выделяются две подгруппы:

1) вулканогенные стратиформные месторождения (Кварцитовая Сопка, Кызыл-Таштыгское, Ахталское, Маднеульское), имеющие четкую стратиформную позицию и локализованные в основном среди вулканитов; 2) вулканогенно-осадочные стратиформные месторождения (Молодежное, Джусинское, Гайское на Южном Урале, Орлиногорское на Салаире), формировавшиеся в морских бассейнах при значительном участии подводных вулканитов.

Далее описываются наиболее типичные вулканогенные и вулканогенно-осадочные стратиформные колчеданные барит-полиметаллические месторождения.

Колчеданные барит-полиметаллические месторождения Салаирской группы. Салаирские месторождения (более шести) находятся на северо-восточном склоне Салаирского кряжа, который представляет собой расчлененный пенеплен, ступенчато приподнятый на высоту 200—300 м над равниной Кузнецкой котловины. В геологическом отношении Салаирское рудное поле расположено на юго-западном крыле Урско-Бачатской антиклинали, вблизи зоны сопряжения Салаирского антиклинория и Кузнецкой котловины.

Рудное поле сложено эффузивно-туфогенными породами, являющимися фациями верхней подсвиты гавриловской свиты ( $Ст_{1gv_3}$ ) и залегающими среди известняков этой же свиты. Лежащий бок рудного поля представлен мраморизованными, реже доломитизированными белыми и серыми известняками с прослоями песчаников и туфопесчаного материала, с линзами конгломератов и лиловых песчаников (верхняя подсвита гавриловской свиты). Юго-восточный и северо-восточный фланги обрезаны разрывными нарушениями.

Эффузивно-туфогенный комплекс пород рудного поля представлен измененными порфиритами и их туфами, бескварцевыми и мелкопорфировыми кварцевыми кератофирами, измененными туфогенными породами с редкими прослоями и линзами углисто-кремнистых сланцев и известняков.

Породы, слагающие рудное поле, образуют сложно переслаивающийся комплекс, причем отдельные тела различных пород, подчиняясь общей структуре района, имеют преобладающее северо-западное простирание, частью меридиональное, с падением на юго-запад и запад под углами 50—70°.

Наиболее широко распространены мелкопорфировые кварцевые кератофиры, занимающие почти всю восточную часть рудного поля. Бескварцевые кератофиры развиты главным образом в висячем боку самого крупного месторождения Кварцитовая Сопка, где они прослежены на 1100 м при горизонтальной мощности 250 м. Порфириты на поверхности представлены линзовидным выходом длиной 460 м и горизонтальной мощностью 80 м (цен-

тральная часть рудного поля). Углисто-кремнистые сланцы и внутрiformационные известняки распространены незначительно, главным образом в лежащем боку рудного поля. Широко развиты крупнопорфировые кварцевые кератофиры, представляющие собой образование гипабиссальной фации и слагающие ряд штоко- и дайкообразных тел. Наиболее крупное тело установлено в западной части рудного поля. Мелкие штокообразные тела отмечаются в южной и центральной его частях.

В рудном поле повсеместно развиты дайки диабазов, являющиеся самыми молодыми образованиями и прорывающие все вмещающие породы. Мощность даек колеблется от 0,5 до 20 м, форма их прямолинейная и ветвящаяся, преобладающее простирание субмеридиональное с падением на запад.

Все отмеченные породы в той или иной степени изменены динамо- и гидротермальным метаморфизмом; преобладает последний. В участках наиболее интенсивного проявления метаморфизма развиты кварц-серицитовые, серицит-хлоритовые сланцы — продукты изменения кератофиров. В верхних частях месторождений (преимущественно до горизонта 250 м) наблюдаются кварц-баритовые, барит-кварцевые и кварц-барит-карбонатные породы.

Рудные тела месторождения Кварцитовая Сопка приурочены к контакту крупнопорфировых и мелкопорфировых кварцевых кератофиров. На поверхности месторождение представлено пятью обособленными выходами преимущественно барит-кварцевого состава, отчетливо выделяющимися в рельефе местности. Наиболее крупный выход вытянут в северо-западном направлении на 650 м при максимальной ширине 150 м. Выходы рудных тел, фиксируемые на поверхности, до глубины 140—150 м представляют собой окисленную зону с образованием так называемой баритовой сыпучки. Содержание  $BaSO_4$  в окисленных рудах колеблется от 6 до 75%.

Первичные сульфидно-баритовые руды на месторождении по структурно-текстурным особенностям разделяются на сливные и прожилково-вкрапленные. Сливные руды распространены на верхних горизонтах в центральной части месторождения и представлены сульфидно-баритовыми, сульфидно-кварц-баритовыми и сульфидно-кварц-карбонатными разностями с кондиционным содержанием барита, свинца и цинка. На флангах и на глубину они сменяются прожилково-вкрапленными рудами, сложенными окварцованными кератофирами с вкрапленностью и прожилками рудных минералов.

В зависимости от состава вмещающих пород выделяются оруденелые кварц-серицитовые сланцы, эффузивные кератофиры и интрузивные кварцевые кератофиры. Наиболее распространены оруденелые кварцевые кератофиры; два первых типа встречаются редко.

Вмещающие породы обычно интенсивно рассланцованы, серицитизированы и окварцованы. Оруденение в них представлено вкрапленностью и прожилками сфалерита, галенита, пирита,

халькопирита, кварца, барита, кальцита. Рудные прожилки приурочены в основном к рассланцованным породам. Мощность их колеблется от долей миллиметра до 1 см. Иногда встречаются отдельные жилы мощностью до 1 м.

Основными рудными минералами в первичных рудах являются пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, блеклая руда, магнетит и гематит. Основные жильные минералы представлены баритом, кварцем, кальцитом, альбитом, хлоритом, серицитом, реже флюоритом.

В первичных сульфидно-баритовых рудах содержание  $BaSO_4$  на месторождении по блокам колеблется от 4,59 до 60,48%. Встречается барит чаще всего в виде мелкозернистой (0,1—0,3 мм) сланцеватой или массивной массы. В более крупнозернистых разностях руд размер кристаллов барита 1—2 мм, при этом они не несут следов сланцеватости. В наиболее широко развитом типе мелкозернистых слабосланцеватых руд барит представлен также относительно крупными порфиризовидными кристаллами, распределенными довольно равномерно по всей массе руды. Размеры вкрапленников барита обычно 1—2 мм в поперечнике.

Кристаллы имеют удлиненную форму; длинной стороной они вытянуты вдоль сланцеватости, некоторые крупные зерна обладают заметным искривлением плоскостей и слабо волнистым погасанием. Характер парагенетических отношений главной массы мелкозернистого барита с сульфидами говорит о близкосоудновременной их кристаллизации. Наиболее тесно ассоциирует барит со сфалеритом. Отмечается некоторая ксеноморфность барита по отношению к пириту, что дает основание считать пирит первым в парагенетическом ряду главных рудообразующих минералов. Остальные жильные минералы формировались после сульфидов. Устанавливается следующая схема последовательности кристаллизации минералов в сульфидно-баритовых рудах: пирит — сфалерит — халькопирит — блеклая руда — галенит.

На генезис салаирских колчеданных барит-полиметаллических месторождений имеется несколько точек зрения. Первый исследователь полиметаллических руд Салаирского рудного поля М. А. Усов считал, что эффузивно-туфогенный комплекс пород является жерлом вулкана, аккумулятивный конус которого был размыт и снесен еще в среднем кембрии. Полиметаллическое оруденение он связывал с жерловой фацией вулкана. Т. С. Лабазин, Г. Л. Поспелов, И. П. Незабытовский (1961 г.) доказывали гидротермально-метасоматический генезис полиметаллических руд. Этим точки зрения в настоящее время придерживаются большинство исследователей Салаира. Бесспорным остается одно, что рудные тела на месторождении Кварцитовая Сопка пространственно и, видимо, генетически связаны с интрузивными кварцевыми кератофирами. Эта связь заключается в следующем:

1) верхние части рудных тел, сложенные сливными рудами, обычно расположены под апикальной частью интрузивного массива или в экзоконтакте его, а нижние части этих же тел как бы

входят в интрузивный массив, причем на глубоких горизонтах сливные руды переходят во вкрапленные — оруденелые интрузивные кварцевые кератофиры;

2) переход от сливных руд во вкрапленные не сопровождается резким изменением формы рудного тела. С глубиной форма рудного тела в плане постепенно меняется с вытянутой на несколько изометрическую.

Э. Г. Дистанов и К. Р. Ковалев (1964 г.) в формировании барит-полиметаллических руд Салаирской группы месторождений выделяют следующие основные стадии минерализации и соответствующие им минеральные ассоциации: ранняя (дорудная) кварц-пиритовая (с широким ореолом предрудной серицитизации и хлоритизации), барит-сульфидная (кварц, карбонаты, барит, пирит, сульфиды меди, цинка и свинца) и кварц-карбонатная (кварц-карбонатные жилы и метасоматические тела с небольшим количеством барита, флюорита и регенерированных сульфидов).

Из других месторождений в Салаирском Кряже интересно Орлиногорское ртутно-барит-гематитовое.

Кызыл-Таштыгское колчеданное барит-полиметаллическое месторождение находится в Тувинской АССР и расположено в поле развития нижнекембрийских вулканогенных образований спилито-кератофировой формации. Приурочено оно к сопряжению двух тектонических зон смятия, контролирующему положение штока жерловых брекчий. В рудном поле широко распространены пирокластические фации вулканитов, а также флюидалные и брекчиевые кислые породы, слагающие субвулканические тела жерловых фаций, что указывает на связь с жерловиной вулкана центрального типа, в которой проявились многостадийные вулканические и гидротермально-метасоматические процессы. На месторождении выявлено 47 рудных тел, имеющих лентообразную и линзообразную форму и залегающих согласно с вмещающими их породами вулканической постройки. Все рудные тела в плане размещаются в пределах узкой полосы протяженностью 1200 м и шириной 130—150 м, вытянутой, как и отдельные залежи колчеданных барит-полиметаллических руд, в субширотном направлении параллельно простиранию глубинного разлома.

Рудные залежи падают на юг под углами от 15—20 до 65—80°. Протяженность их колеблется от 1,4 до 74,8 м. Расстояние между залежами (в разрезе) от 4 до 62 м. На месторождении выделено три типа рудных тел: серноколчеданные (9 залежей), медные (9 залежей) и барит-полиметаллические (29 залежей). Руды слабо метаморфизованные. В центральной части рудной полосы выделяется изометричная залежь серноколчеданных руд, замещающих верхнюю часть штока жерловых брекчий до глубины 80—100 м. Медное и барит-полиметаллическое оруденение представлено линзовидными телами, тяготеющими к зонам смятия, окаймляющим с севера и юга оруденелый колчеданный шток. Кроме свинца, цинка и барита промышленное значение в рудах

имеют медь, кадмий, селен, серный колчедан и др. Содержание  $BaSO_4$  в рудах изменяется от 2,46 до 15,96%; среднее в полиметаллических рудах 6,69%, в медных рудах 3,76%; в серноколчеданных рудах содержание его составляет лишь 0,34%. Минеральный состав руд месторождения приведен в табл. 10.

Таблица 10

Минеральный состав руд Кызыл-Таштыгского месторождения

Главные	Второстепенные	Редко встречающиеся
<b>Гипогенные</b>		
Рудные: пирит, сфалерит Нерудные: барит, хлорит, кварц, доломит	Рудные: галенит, халькопирит, теннантит Нерудные: кальцит, хальцедон, серицит, апатит, флюорит	Рудные: тетраэдрит, борнит, золото самородное, пирротин, магнетит, мельниковит-пирит
<b>Гипергенные</b>		
Лимонит, ярозит, сера самородная, малахит, азурит, церуссит, ковеллин, каолинит	Халькантит, мелантерит, пизанит, халькозин, борнит, хальцедон, кальцит, гипс	Плагиоцитрит, плюмбо-ярозит, пирит, теннантит

Процесс минералообразования на месторождении был многостадийным с направленным изменением окислительно-восстановительного потенциала и режима серы и кислорода, что привело к отложению после серноколчеданной ассоциации минералов окисно-сульфидной ассоциации, а затем полиметаллической.

Б. И. Берман (1966 г.) считает, что месторождение сформировано в два этапа. В первый образовались массивные серноколчеданные руды, локализованные в кратерной воронке и являющиеся эксгальационно-осадочными. Отложение их в близповерхностных условиях происходило при низких температурах (100—150° С). Вкрапленные серно-колчеданные руды, сменяющие их с глубиной, представляют собой более высокотемпературные образования, завершающие пропилитизацию вулканитов в пределах жерловины, на путях восходящего движения рудоносных гидротерм. Во второй этап образовались полиметаллические руды, отдаленные от серноколчеданных внедрением субвулканических интрузий диабазов и дацитовых порфиров, несущих сингенетическую вкрапленность сульфидов. Эти руды сформировались в субвулканической обстановке на глубине 800—1000 м при температурах 400—150° С.

Связь оруденения с породами жерловой фации на Кызыл-Таштыгском, Дальнем и других месторождениях Восточной Тувы является по существу структурной. Рудоотложение завершило метасоматическое преобразование вулканитов в пределах жерловин.

Руды концентрируются в основном среди пирокластических образований. Залегаящий над ними горизонт осадочных углесто-кремнистых сланцев служил экраном для рудоносных растворов. Избирательным метасоматозом обусловлено образование обломковидных скоплений руд в эксплозивных брекчиях андезитовых порфиров. Замещению подверглись преимущественно шлакоподобные участки цемента брекчий.

В заключение подчеркнем, что для Кызыл-Таштыгского и других месторождений Улугайского рудного района Тувы характерным является; 1) локализация колчеданного барит-полиметаллического оруденения в жерловинах вулканических аппаратов центрального типа; 2) субвулканические тела жерловой фации и вмещающие их породы постоянно содержат сульфиды в виде вкраплений, мелких прожилков и выполнений в миндалинах; 3) наличие в туфах обломков осветленных пиритизированных пород, сгусткоподобных включений (рудопластов) колчедана, а также обломковидных метасоматических скоплений серноколчеданных и полиметаллических руд служит индикатором скрытого на глубине более масштабного оруденения и поэтому должно рассматриваться в качестве одного из наиболее информативных поисковых критериев; 4) скопления руд сопровождаются первичными и вторичными ореолами рассеяния основных рудных компонентов — бария, цинка, свинца и меди, а также элементов-спутников — молибдена, мышьяка, серебра, кадмия; 5) оруденение сопровождается интенсивной альбитизацией и зеленокаменным перерождением вулканитов; 6) прямым индикатором рудного процесса выступают магнезиальные метасоматиты, сопровождающиеся оталькованием, хлоритизацией и доломитизацией окружающих пород.

Колчеданные барит-полиметаллические месторождения Закавказья. Типичными представителями вулканогенных и вулканогенно-осадочных месторождений колчеданного барит-полиметаллического типа в Закавказье являются Ахтальское и Маднеульское месторождения, расположенные соответственно в Алаверды-Ахтальском (Армения) и Болнисском (Грузия) рудных районах. Эти рудные районы являются частью обширной Самхито-Карабахской металлогенической зоны, которая прослеживается на территории северо-востока Армении и юго-востока Азербайджана, а в западном направлении через Джавахатское лавовое нагорье Грузии протягивается на территорию Турции, где также известны промышленные колчеданные барит-полиметаллические месторождения.

Формирование этой тектонической зоны охватило длительный период времени — от ранней юры до палеогена — и сопровождалось накоплением мощных вулканических толщ и субвулканических интрузий преимущественно порфировых пород. Образование в ней колчеданных барит-полиметаллических вулканогенно-осадочных месторождений относится к начальным периодам киммерийской (ранне-среднеюрского времени) и альпийской (поздний

мел) складчатости: Маднеульское месторождение залегает в вулканогенной толще верхнего мела, а Ахталское — в вулканогенно-осадочных породах ниже-среднеюрского возраста.

Образованию медноколчеданного барит-полиметаллического оруденения, как правило, предшествовало гидротермальное изменение вмещающих пород. Температурные интервалы образования минералов, вертикальная зональность и связь различных типов руд с окolorудными изменениями пород на колчеданных барит-полиметаллических месторождениях Южной Грузии и Армении показаны в табл. 11.

Таблица 11

**Формирование колчеданных барит-полиметаллических месторождений Южной Грузии и Армении**

Жильные минералы	Рудная зона	Температура гомогенизации, °С	Околорудноизмененные породы
Ангидрит ↓ Гипс ↓ Барит ↓ Кварц ↓ Пирит ↓	Барит с редкими гнездами галенита и сфалерита	85—100	Слабопропитизированные (кварц + хлорит + альбит + кальцит + реликтовые минералы)
	Галенит с баритом, сфалеритом, вюрцитом, халькопиритом	180—200	Вторичные кварциты «Монокварциты» с баритом, иногда ярозитом, опалом и халцедоном Кварц-гидрослюдистые с алунитом, иногда алунит-ярозитом и ярозитом Кварц-серицит-гидрослюдистые с алунитом, пиррофилитом и хлоритом Кварц-серицитовые, кварц-серицит-хлоритовые, кварц-хлоритовые Пропилиты (хлорит + альбит + ангидрит)
	Полиметаллы	200—210	
	Медно-цинковые руды	255—265	
	Медноколчеданные руды	270—290	
	Серноколчеданные руды	320—350	

Маднеульское медно-барит-полиметаллическое месторождение. Рудное поле месторождения сложено эффузивно-осадочными породами верхнего турона — сантона, в основном различными туффитами, песчаниками, аргиллизированными пепловыми туфами, глинами, кварцевыми альбитофирами,

альбитофирами и их туфами, реже плагиоклазовыми порфиритами. Интрузивный комплекс представлен в основном гранитоидами и сопровождающими их разнообразными дайками. В структурном отношении рудное поле месторождения приурочено к одному из синклинальных прогибов Болнисской структурно-металлогенической зоны, имеющему субширотное простирание. Прогиб разбит на блоки многочисленными нарушениями.

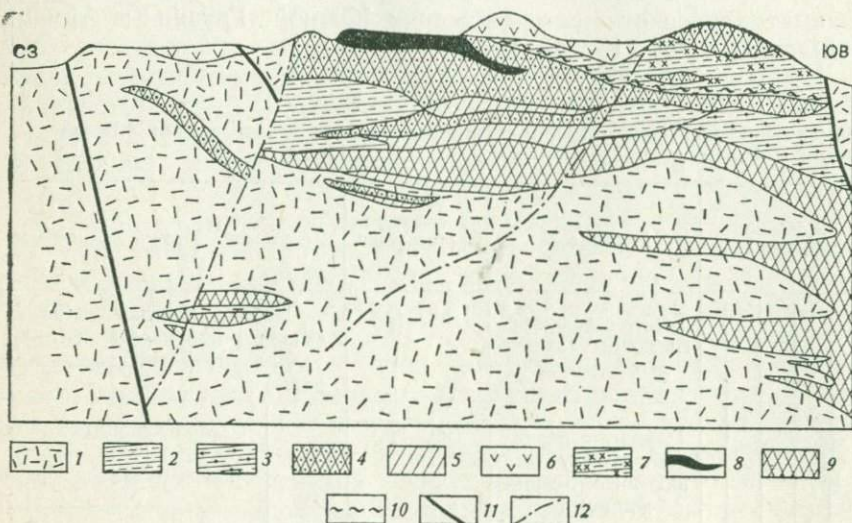


Рис. 2. Схематизированный поперечный геологический разрез Маднеульского медно-барит-полиметаллического месторождения. По Н. Ф. Шония, Ш. Т. Говашели и К. И. Абашидзе.

1 — альбитофиры; 2 — вторичные кварциты; 3 — вторичные кварциты позднего этапа; 4 — баритовая и барит-полиметаллическая руда; 5 — медноколчеданная руда (бедная); 6 — туфы и туфобрекчи; 7 — баритизированные кварциты; 8 — барит-свинцовая руда (окисленная); 9 — медноколчеданная руда; 10 — межпластовые разрывные нарушения; 11 — дорудные разрывные нарушения, претерпевшие пострудные подвижки; 12 — дорудные нарушения, не претерпевшие пострудных подвижек

Оруденение локализуется во вторичных кварцитах и окварцованных породах, образующих единый горизонт мощностью 250—300 м, выходящий в полосе близширотного простирания протяженностью 1200—1400 м. В верхней части месторождения развиты баритовые и барит-полиметаллические руды, сменяющиеся с глубиной медно-цинковыми и существенно медными. Рудные тела тяготеют к межпластовым зонам нарушения в местах сопряжения их с крутопадающими трещинами северо-восточного и субширотного простирания (рис. 2). Продуктивные образования не имеют четких границ; оконтуриваются по данным опробования. Всего на месторождении открыто 18 горизонтальных рудных тел и 30 мелких линз. Все они располагаются в пределах рудного горизонта одно над другим с интервалами от 6 до 55 м,

имеют северо-восточное, близкое к широтному простирание и склонение на юго-запад.

Барит-полиметаллические руды, залегающие в верхней части месторождения, образуют основную залежь и 14 обособленных линз. Центральная часть основной залежи выходит на поверхность. В ней наблюдается чередование следующих типов руд (сверху вниз): баритовых, кварц-баритовых, окисленных барит-полиметаллических и первичных барит-полиметаллических. Среднее содержание  $BaSO_4$  в барит-полиметаллических рудах 27,7%.

В первичных барит-полиметаллических рудах основными минералами являются пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, барит, кварц, в медных — халькопирит, пирит, сфалерит и кварц. Среди супергенных минералов отмечаются гидроокислы железа, ярозит, смитсонит, малахит, азурит и другие минералы.

Наиболее распространены сплошные барит-полиметаллические руды, представленные выделениями сфалерита, пирита и галенита размером от 0,05 до 1 мм, сцементированные баритом. Менее распространены брекчиевидные разновидности руд, состоящие из обломков вторичных кварцитов, сцементированных мелкозернистым баритом с выраженными сульфидами. Еще менее развиты руды прожилково-вкрапленной и полосчато-коломорфной текстур. По соотношениям основных компонентов выделяются следующие типы руд: в верхних горизонтах — барит-свинцово-цинковые бедные медью, а на более глубоких горизонтах медно-барит-цинковые бедные свинцом. Последние ниже по разрезу и в юго-восточном направлении переходят в медноколчеданные руды. Основными жильными минералами являются кварц и барит. Главные рудные минералы в медноколчеданных рудах халькопирит и пирит.

В барит-полиметаллических рудах барит является главным жильным минералом и представляет практический интерес. Он сосредоточен главным образом в верхней приповерхностной части месторождения и в незначительном количестве в медно-сульфидных рудах нижних горизонтов, где слагает тонкие жилки и небольшие гнезда. Барит представлен либо таблитчатым агрегатом зерен размером в среднем 2—4 мм, либо плотными зернистыми массами. Изредка встречаются лучистые скопления кристаллов в тесном сростании с сульфидами и кварцем. В зоне окисления барит образует пористые и сыпучие руды. По структурным взаимоотношениям барита с сульфидами можно считать, что основная масса его образовалась после сульфидов. Среди участков преобладающего распространения барита наблюдаются островки сульфидов, сильно «разъеденных». Иногда, наоборот, сульфиды корродируют барит.

По данным В. Г. Гогошвили и Д. В. Аревадзе (1972), наличие барита нескольких генераций объясняется изменениями среды минералообразования. При слабом пересыщении растворов  $BaS$  или  $Ba(SH)_2$  возникали относительно редкие центры кристаллизации, что вело к образованию крупнокристаллического агрегата, а при сильной пересыщенности растворов возникали

зернистые тонкокристаллические массы барита. С изменением окислительно-восстановительного потенциала среды периодически существовали ионы  $S^{2-}$  и  $[S_2]^{2+}$  как продукты электролитической диссоциации  $H_2S$ , при которой  $BaSO_4$  становился неустойчивым.

В зоне окисления барит остается стойким минералом и образует скелетные формы после выщелачивания сульфидов. Местами в зоне окисления сульфиды замещены вторичными минералами, заполняющими пространство между кристаллами барита. Спектральными анализами установлено, что барит в виде изоморфной примеси содержит стронций и марганец.

В зонах межпластовых нарушений фиксируются слюдизированные и алунизированные тектониты, по которым отмечается резкая смена барит-полиметаллических руд медноколчеданными и, соответственно, вторичных кварцитов кварц-слюдистыми и кварц-серицит-хлоритовыми метасоматитами.

Методами гомогенизации и декрепитации было установлено, что в нарушенных участках выпадают резко сближенные разнотемпературные минеральные образования. В разрезах с «растянутой» по вертикали метасоматической колонкой минерализация как бы разубожена; руда представлена вкрапленным или прожилково-вкрапленным типом с низким содержанием полезных компонентов.

По мнению многих исследователей, формированию Маднеульского месторождения предшествовало две стадии гидротермального метаморфизма вмещающих пород: более ранняя, связанная с поствулканическими процессами, и последующая гидротермальная, несколько опережающая продуктивное рудообразование. Характерными для первой стадии являются пропилитизация вулканогенных пород и широкое развитие пиритизации (пирит I). На пропилиты наложены процессы окварцевания и аргиллизации. Со второй стадией связано вторичное окварцевание, серицитизация, каолинизация, пирофиллитизация, гидрослюдизация, алунификация и баритизация.

В процессе рудообразования выделяется три фазы. С первой фазой связано образование крупнозернистого пирита II, привнос кремнезема и калия, выделение анатаза. Во вторую фазу образуются кварц, барит, гематит, различные сульфиды, каолинит, алунит, хлорит, мусковит, серицит и карбонаты. При этом минеральные парагенезисы стадии пропилитизации почти полностью замещаются ассоциацией из каолинита, алунита и кварца (или без него). Третья фаза пострудная, появляются низкотемпературный бипирамидальный кварц, алунит и гипс.

Средняя рудная фаза характеризуется образованием двух основных типов руд: на верхних горизонтах барит-полиметаллических (барит — кварц — сфалерит — пирит — галенит), на более глубоких — медно-сульфидных (кварц — пирит — халькопирит). Выделяются также переходные типы руд — медно-барит-цинковые и медно-цинковые.

В верхних горизонтах барит-полиметаллические руды вмещают вторичные кварциты, т. е. метасоматиты кислой среды. На нижних горизонтах медноколчеданные руды находятся в основном среди кварц-хлорит-серицитовых и кварц-серицитовых околорудных пород, т. е. в среде щелочных метасоматитов.

Согласно изложенному Маднеульское месторождение может быть отнесено к гидротермально-метасоматическому типу, образованному на небольших глубинах при невысокой температуре и давлении.

О возрасте месторождения среди исследователей нет единого мнения. Г. С. Дзоценидзе происхождение Маднеульского и аналогичных месторождений Болнисского рудного района связывает с вулканической деятельностью, в результате которой образовались как рудовмещающие верхнемеловые вулканогенные отложения, так и оруденение. В. И. Бочалдин и Г. А. Твалчрелидзе допускают, что Маднеульское месторождение контролируется вулканическим конусом как благоприятной структурой для проникновения рудных растворов. В. Р. Надирадзе и Ю. И. Назаров медно-сульфидную, барит-полиметаллическую и барит-марганцевую минерализацию колчеданной формации Болнисского рудного района парагенетически увязывают с палеогеновыми малыми интрузиями дацитов, секущими верхнемеловые и палеогеновые отложения. Н. Ф. Шония более вероятным считает генетическую связь Маднеульского и других однотипных месторождений с глубинной интрузией предверхнеэоценового возраста, проявлением которой являются гипабиссальные тела дацитов и залегающие в среднеэоценовых породах тела гранит-порфиоров и гранодиорит-порфиоров (район горы Ляльвар). В структурном отношении оруденение отчетливо контролируется постскладчатыми тектоническими нарушениями, служившими рудоподводящими каналами и представляющими дорудные и внутрирудные зоны разломов северо-восточного и близширотного простирания, сопряженные с крупными глубинными разломами.

Ахталъское колчеданное барит-полиметаллическое и баритовое месторождение. В геологическом строении рудного поля принимают участие в различной мере метаморфизованные юрские отложения, представленные толщей кварцевых порфиоров, несогласно перекрытых плагиоклазовыми порфиритами и их туфами, а также толщей туфоосадочных пород с пропластками порфиритов, сменяющейся выше древним аллювием и базальтовым покровом четвертичного возраста. Все породы вулканогенно-осадочной толщи прорваны дайками порфиритового и диабазового состава и разбиты на блоки большим количеством тектонических нарушений меридионального и широтного простирания.

Колчеданное барит-полиметаллическое оруденение приурочено к контакту кварцевых порфиоров с перекрывающими их порфиритами. На горизонтальной плоскости этот контакт имеет извили-

стое очертание, что обусловлено древним рельефом подстилающих кварцевых порфиров.

Морфологически рудные тела представлены в основном мелкими линзами и гнездами. Всего выявлено 12 рудных тел: два баритовых, девять барит-полиметаллических и одно серноколчеданное. Наиболее крупные барит-полиметаллические тела прослеживаются на 80—100 м при мощности 8—10 м. На площади месторождения развиты довольно многочисленные нарушения сбросового и сдвига-сбросового типов. Рудные тела расположены в непосредственной близости от нарушений или совмещены с частью нарушений меридионального направления. Помимо контролирующей роли часть указанных нарушений смещает отдельные блоки рудных тел до нескольких сот метров.

В составе рудных тел отмечаются следующие минералы: сфалерит, галенит, халькопирит, пирит, теннантит, ковеллин, а из нерудных кварц, барит, кальцит и гипс. Руды слабо окислены, текстуры их массивная, прожилково-вкрапленная и вкрапленная. Отчетливо выражена вертикальная зональность (сверху вниз): 1) баритовые руды; барит красный или серый, плотный, мелкокристаллический, залегающий непосредственно в лежащем боку на порфировой толще. Мощность руд 1—3 м, местами (в раздувах) до 10—15 м; 2) полиметаллическая руда массивного сложения с содержанием цинка, свинца и меди; мощность от 1 до 3 м; 3) полиметаллическая руда прожилково-вкрапленного типа мощностью от 3 до 6 м; 4) полиметаллическая руда вкрапленного типа мощностью от 3 до 4 м (в промышленной части); ниже сменяется зоной рассеянной вкрапленной минерализации, незаметно переходящей во вмещающие кварцевые порфиры.

Промышленно ценными минералами руд являются: галенит, сфалерит, халькопирит, пирит и барит. Содержание  $BaSO_4$  в рудах колеблется от 40 до 92%, среднее 76,7%. Средняя плотность барита 4,12 г/см<sup>3</sup>. Все типы руд характеризуются тонкой размерностью минеральных индивидов и тесным взаимным проращением их.

Барит на Ахталском месторождении в промышленном скоплении встречается как в виде самостоятельных залежей, так и в виде обособлений в висячем боку рудных тел полиметаллического и барит-полиметаллического состава. Рудные тела в периферических частях иногда почти сплошь пиритовые. Контакты между собственно баритовыми и полиметаллическими рудами хотя и четкие, но извилистые. Последовательность образования минералов руд Ахталского месторождения в основном следующая: кварц, пирит, барит, сфалерит, халькопирит и борнит.

Барит в рудах представлен двумя генерациями. Имеется несколько разновидностей барита ранней генерации, отличающихся крупностью кристаллов, формой агрегатов и цветом. Обычно это среднекристаллические агрегаты (от 0,8 до 2 см) розового, серого, зеленого, красного, иногда белого цвета. Зеленая окраска барита обусловлена включением хлорита и серицита, красная —

гематита и гидроокислов железа. В красном барите наблюдаются тонкие прожилки сульфидов, представленные халькопиритом и преобладающим пиритом. Красный барит, богатый сульфидами, на глубине постепенно сменяется мелкокристаллической массивной полиметаллической рудой, представленной в основном сфалеритом и галенитом. Барит второй генерации имеет размеры от 2 мм до 1 см. Цвет его серый, желтый, розовато-белый и серовато-белый. Он наблюдается в гнездах в сростках с рудными минералами, где цементирует сульфиды и более ранний барит; местами он образует прожилки протяженностью до нескольких метров и мощностью от 1 до 3 см. Часто в прожилках барита отмечаются сульфиды. Этот барит обычно не содержит посторонних включений и изоморфной примеси стронция, в то время как барит ранней генерации является стронцийсодержащим и изобилует различными примесями: железа (в красном барите), свинца и цинка (в сером барите) и т. п.

Большинство исследователей считают, что Ахтальское месторождение начало формироваться в условиях наземного вулканизма и сопутствующего мезотермального процесса в доорогенный этап киммерийской складчатости. Окончательно же оно было сформировано при эпитермальных процессах, в послемагматический этап становления гранитоидных интрузий.

Колчеданные барит-полиметаллические месторождения Южного Урала. Рассматриваемые месторождения в геолого-структурном плане тяготеют к восточному крылу Магнитогорского мегасинклинория — одной из крупнейших складчатых структур Южного Урала. В ранне- и среднепалеозойский период Уральская геосинклиналь имела тенденцию к погружению с накоплением мощных толщ вулканогенных образований. На фоне общей синклинальной структуры рассматриваемой области выделяется ряд осложняющих ее складок более высокого порядка.

Так, например, в пределах зеленокаменной полосы Учалинского и северной части Верхне-Уральского районов выделяются крупные структуры Верхне-Уральская синклинальная зона и Имангуловская синклиналь, которые разделяются Байрамгуловским поперечным поднятием. С востока Верхне-Уральская зона граничит с Ахуновским поднятием, а к Имангуловской синклинали примыкает Малоучалинская антиклинальная зона. Морфологически выделенные структуры представляют собой сложные складчатые сооружения, внутри которых выделяются структуры более высоких порядков.

Разрывная тектоника района до настоящего времени не изучена с достаточной степенью детальности. Установлено, что региональные тектонические нарушения проходят вдоль границ названных складчатых структур, в связи с чем восточное крыло Магнитогорского мегасинклинория расчленяется на ряд блоков. На рассматриваемой площади намечаются три направления нарушений: меридиональные с простираемостью 0—10°, диагональные

320—345° и 24—45°, широтные и близширотные — от 70 до 90°, реже 110—120°. Из региональных тектонических нарушений, ориентированных в меридиональном и субмеридиональном направлениях, на западе выделяется Стабиякский разлом, а на востоке Ялшанский разлом и Войдинская зона смятия.

Вопросы эволюции вулканизма привлекают все большее внимание исследователей в качестве критериев перспективной оценки площадей на медноколчеданное барит-полиметаллическое оруденение. Для рудных полей этих месторождений характерно распространение разнородных по составу вулканических пород, что свидетельствует о близости вулканических очагов, длительности их деятельности и наиболее широкой дифференциации расплавов.

В пределах рудных полей медноколчеданных барит-полиметаллических месторождений среди рудовмещающих толщ широко развиты лавы, туфы и туфобрекчии андезитовых и дацитовых порфиритов в сочетании с рифтогенными известняками. Для последних характерны структуры «облекания», угловое несогласие и тупое выклинивание при наличии локальных участков повышенных мощностей. Рудоносные толщи вулканитов обычно отличаются невыдержанной мощностью (раздувы и пережимы) и преобладанием вулканокластических разностей в участках повышенных мощностей. Обычно месторождения тяготеют к участкам повышенных мощностей, имеющих в плане вид брахиантиклиналей и, вероятно, совмещенных с эруптивными центрами. Утверждения исследователей, что месторождения приурочены к брахиструктурам, как видно из изложенного, приобретают некоторую условность.

Вулканогенные образования включают агломератовые туфы и туфобрекчии, перемежающиеся с более мелким пирокластическим материалом. К периферии рудных полей вулканогенные породы фациально замещаются вулканогенно-осадочными и осадочными. Размеры обломков постепенно уменьшаются, а известняки образуют пластовые залежи, согласные с общим напластованием, и фациально замещаются известковистыми туф-фитами.

Размеры южноуральских месторождений, характер оруденения и размещение колчеданно-баритовых руд определяются не только условиями осадконакопления, но и (главным образом) рудолокализующими разрывными нарушениями, а также литологией палеовулканических аппаратов, являвшихся, очевидно, основным поставщиком рудного вещества. Для большинства месторождений характерна комбинированная форма рудных тел — согласные залежи, сопряженные в подошве с секущими жилами или штокверками. Иногда такие месторождения имеют многоярусное строение. Комбинированные формы рудных тел объясняются тем, что гидротермальные растворы поступали снизу по крутопадающим разрывным нарушениям и растекались в стороны по пологопадающим водопроницаемым пластам, которые в большин-

стве своем были обогащены рудоносным материалом, т. е. происходило наложение вещества, приносимого гидротермальными рудоносными растворами, на минеральное вещество осадочного генезиса, а также переотложение его. Там, где гидротермальному замещению подвергались пласты трещиноватых слабопроницаемых пород (песчаники, изверженные породы, литокластические породы, порфириды и т. д.), происходило образование зон прожилкового, гнездово-вкрапленного и штокверкового оруденения.

Глубина (мощность) оруденения на залежных уральских колчеданных барит-полиметаллических месторождениях обычно равна мощности рудолокализирующих отложений и колеблется от нескольких метров до нескольких десятков метров.

На генезис колчеданных барит-полиметаллических месторождений Урала у исследователей нет единой точки зрения. Одни исследователи выдвигают на первый план приуроченность месторождений к вулканическим аппаратам, другие — считают рудные образования сингенетичными с вмещающими вулканогенно-осадочными породами, третьи — придают равное значение гидротермальным (метасоматическим) и предшествующим вулканогенно-осадочным процессам.

Типовыми представителями вулканогенно-осадочного класса колчеданных барит-полиметаллических месторождений Урала можно назвать Молодежное, Джусинское, Гайское, Учалинское и др.

Молодежное месторождение приурочено к сложной брахиантиклинальной структуре, в ядре которой выходят породы улутауской свиты среднего девона. Последняя разделяется на три толщи — нижнюю подрудную, среднюю рудовмещающую и верхнерудную, слагающую периферию рудного поля.

В верхней части рудоносной толщи широко развиты известняки, брекчии известняков и туффиты. В нижней части залегают грубообломочные туфы, превращенные в кварц-серицитовые сланцы с вкрапленными сульфидами. Максимальная мощность рудовмещающих пород (грубообломочных туфов) 70—80 м. Вышележащие лавы дацитовых порфиритов экранируют оруденение, обнаруживая лишь слабые вторичные изменения. Эффузивно-осадочный комплекс пород и рудные тела рассечены многочисленными крутопадающими дайками габбро-диабазов.

Медноколчеданное барит-полиметаллическое оруденение тяготеет к сводовой части и восточному крылу небольшой брахиантиклинали северо-северо-западного простирания, осложненной субмеридиональными, субширотными и северо-западными разрывными нарушениями. Субмеридиональные нарушения и сопровождающие их зоны рассланцевания и дробления являются наиболее ранними, пересекаются разломами других направлений. Они относятся к дорудным и рассматриваются как рудоподводящие структуры рудного поля.

Рудная залежь месторождения является типичным «слепым» колчеданным телом, протягивающимся в северо-северо-западном

(315—340°) направлении. Залегают согласно с вмещающими породами между покровом дацитовых порфиров и подстилающими их породами основного состава. Рудовмещающим является горизонт брекчиевидных серицит-кварцевых, серицит-хлорит-кварцевых, реже хлорит-кварцевых сланцев (по туфам дацитовых порфиров и туфам смешанного состава).

Для рудной залежи характерны раздувы и пережимы, особенно по падению, наличие участков и прослоев пустых пород, разветвления и тупые выклинивания ее у разломов. Контакт залежи с вмещающими породами со стороны всячего бока резкий. Породы всячего бока подвергнуты лишь слабому гидротермальному метаморфизму, выраженному в основном в гематитизации и эпидотизации, слабом окварцевании, серицитизации и хлоритизации. Подстилающие рудное тело породы более интенсивно гидротермально метаморфизованы и постепенно переходят в прожилково-вкрапленные и сплошные руды, сопровождаемые широким ореолом вкрапленной сульфидной минерализации. По морфологическим и структурным особенностям субширотным нарушением залежь четко разделяется на два блока.

Выделяются медные и медно-цинковые сплошные и вкрапленные руды. Среднее содержание  $BaSO_4$  в руде 5%. Зона окисления на месторождении не выражена. Рудными минералами являются пирит, халькопирит, сфалерит, встречаются теннантит, борнит и блеклые руды. Из жильных минералов ведущее значение принадлежит кварцу, кальциту, бариту и серициту, вторичным хлориту и флюориту. Характерные особенности состава руд — преобладание сфалерита над халькопиритом и незначительное содержание галенита.

На месторождении выделяются последовательные минеральные ассоциации: главные пиритовая, пирит-халькопиритовая и сфалерит-халькопирит-пиритовая и менее распространенные борнит-теннантитовая и кварц-барит-кальцитовая. Барит и кварц в разных количествах участвуют во всех минеральных ассоциациях, однако ведущую роль они совместно с кальцитом приобретают лишь в заключительную стадию гипогенного процесса. Барит-кварц-кальцитовые прожилки пересекают сульфидные руды и проникают в безрудные породы всячего бока рудной залежи. Иногда в прожилках отмечаются зерна халькопирита, галенита, сфалерита и теннантита.

Текстуры руд самые разнообразные; наиболее распространены массивная, вкрапленная, полосчатая жильная и сланцеватая.

Единого мнения на генезис месторождения не сложилось. Наиболее вероятно гидротермально-метасоматический. Рудоносные растворы проникали в тектонически подготовленную структуру, используя самые древние меридиональные тектонические зоны дробления и расланцевания, наиболее четко выраженные в кварц-хлорит-серицитовых сланцах и туфах нижней и низах средней толщ улутауской свиты. В перекрывающих лавах дацитовых порфиров верхней части средней толщи эти нарушения выражены

слабее и совершенно затухают в известняках и андезитовых порфиритах верхней толщи. Локализация руды определяется как особенностями нарушений, так и литологически благоприятными горизонтами замещения рудоносными растворами. При этом важную роль играли структурные и литологические экраны. Наиболее проницаемы и благоприятны для замещения рудоносными растворами в пределах рудного поля туфы смешанного состава. Морфология, тектурные и минеральные особенности рудных тел во многом предопределяются физико-механическим составом заполняемых растворами структур. Формирование руд происходило в результате многостадийного (шесть этапов) гидротермального процесса, который сопровождался метасоматическими преобразованиями окружающих пород.

Растворы, отлагавшие рудное вещество на всех этапах рудообразования, содержали весь комплекс рудообразующих металлов. Каждый из этапов отличался оптимальными условиями для накопления определенных, свойственных ему элементов.

Общий минеральный состав руд, парагенезис рудных минералов, наличие структур распада в сульфидах, характер окорудных гидротермальных изменений — свидетельствуют о среднетемпературном режиме гипогенного процесса. По изменению интенсивности оруденения в рудных телах можно предположить, что рудоносные растворы поступали в рудовмещающую структуру с юго-востока, где находится наиболее мощная и богатая южная часть рудного тела. Наличие серии экранов широтного и субширотного простирания предопределили убывающую интенсивность оруденения с юга на север и с востока на запад.

Барит-полиметаллические месторождения Рудного Алтая. В Рудном Алтае барит-полиметаллические месторождения осадочно-вулканогенного генезиса распространены широко. Наиболее изучены расположенные в области сопряжения Алейского антиклинория и Быструшинского синклинория (Корбалихинское, Зареченское, Орловское и др.) и в Иртышской зоне смятия (Белоусовское и др.).

В геологическом строении этих районов принимают участие отложения нижнего палеозоя, среднего и верхнего девона, девонские субвулканические образования, позднегерцинские интрузивные и их жильные производные.

К нижнему палеозою относятся метаморфические сланцы, алевриты и песчаники, объединяемые в немую метаморфическую толщу. На ней с размывом и угловым несогласием залегают отложения эйфельского и живетского ярусов среднего девона суммарной мощностью 1200—1400 м. К эйфельскому ярусу относятся образования березовской и таловской свит.

Березовская свита представлена вулканогенно-осадочными породами мощностью от 350 до 800 м. В центральной и западной частях Рудного Алтая, в так называемой Змеиногорско-Зареченской зоне, к отложениям березовской свиты приурочены Среднее, Змеиногорское, Зареченское и многие другие полиметаллические

и барит-полиметаллические месторождения и рудопроявления. Отложения таловской свиты, залегающие на березовских, представлены довольно однородными по составу вулканитами — кристаллокластическими туфами кислых и средних лав, тонкополосчатыми кварцевыми альбитофирами и их лавовыми брекчиями. Мощность свиты от 270 до 550 м.

Образования эйфельского яруса с размывом и угловым несогласием перекрываются породами живетского яруса, относящимися к шипуновской свите терригенно-карбонатно-вулканогенного состава. Мощность свиты от 300 до 600 м. В отложениях таловской и шипуновской свит зафиксированы барит-полиметаллические и медноколчеданные рудопроявления. Мощность шипуновской свиты превышает 700 м. В отложениях шипуновской свиты согласно залегают образования давидовской толщи средне-верхнедевонского возраста существенно вулканогенного состава, к которой приурочено Корбалихинское месторождение. Субвулканические и интрузивные породы района являются преимущественно среднедевонскими и представлены альбитизированными кварцевыми порфирами и кварцевыми альбитофирами. Они образуют согласные (межпластовые) залежи, лакколиты и секущие тела (дайки, штоки, necks, тела сложной формы), залегающие в метаморфической толще нижнего палеозоя или среди отложений березовской и таловской свит. Наиболее широко распространены кварцевые порфиры и кварцевые альбитофиры. К позднедевонским относятся альбитизированные габбро-диабазы, миндалекаменные диабазовые порфириты, альбитизированные кварцевые порфиры, бескварцевые и кварцевые альбитофиры, связанные с формированием эффузивно-пирокластических пород шипуновской свиты и давидовской толщи.

Типично плутонические интрузии представлены габбро-диоритами, плагиогранитами, биотитовыми гранитами тельбесского ( $D_{2-3}$ ) и плагиогранитами и гранитами змеиногорского ( $C_3-P_1$ ) комплексов; каждому комплексу сопутствует определенная серия жильных пород.

Для Алейского рудного района характерны длительно развивавшиеся, заложенные с досреднедевонского времени глыбово-складчатые структуры. Наиболее четко они проявлены в раннегерцинском структурном ярусе, на участках неглубокого залегания каледонского фундамента. Структуры эти отличаются сложным брахискладчатым строением, широким развитием флексур, обычно сопровождающихся разрывом сплошности слоев, обилием неоднократно подновлявшихся, частью сохранившихся слепых разломов с густой сетью сопряженных и оперяющих трещин, образующих трещинные зоны, структуры межпластового срыва и расланцевания.

Разрывные нарушения разделяются на продольные и поперечные. Продольные разломы субширотного и северо-западного направлений развиты преимущественно в южной части рудного района, образуя Корбалихинскую зону разломов, контролирующую

размещение ряда барит-полиметаллических месторождений. Поперечные субмеридиональные и северо-восточные разломы прослеживаются в центральной и северной частях рудного района и также сопровождаются рудовмещающими структурами в виде внутрипластовых и секущих трещинных зон и трубообразных брекчий, структур межпластового срыва, расланцевания и отслаивания на контактах пород с различными физико-механическими свойствами, малоамплитудными сбросами и надвигами.

Зареченское барит-полиметаллическое месторождение расположено в южной части Корбалихинского рудного поля, на стыке Степного и Горного Алтая. В геологическом строении месторождения принимают участие метаморфические сланцы нижнего палеозоя, осадочно-вулканогенные породы эйфельского яруса среднего девона, субвулканические кварцевые альбитофиры и позднегерцинские дайки габбро-диабазов и диабазовых порфиритов.

В структурном отношении месторождение приурочено к южному борту Зменногорской брахисинклинали и представляет собой глубоко пережатую синклинальную складку, осложненную крупными субширотными разрывными нарушениями. Долинным разломом синклиналь разделена на два блока: Северный и Южный. Северный блок характеризуется неглубоким залеганием каледонского фундамента, Южный, ограниченный с севера Долинным и с юга Придорожным субширотными разломами, представляет собой грабен-синклиналь. Центральный разлом расчленяет крыло складки в пределах грабен-синклинали на два блока, в пределах которых повторяются рудоносные части разреза нижеберезовской подсвиты.

Ведущее простирание слоев субширотное, падение их крутое, близкое к вертикальному. Моноклиналиное в целом залегание пород осложняется мелкими брахискладками. Со складчатыми и наиболее крупными разрывными нарушениями связано формирование структур межпластового срыва и расланцевания, внутрипластового дробления и тонкой трещиноватости, являющихся рудовмещающими.

Промышленные руды сконцентрированы в горизонте верхних аргиллитов. На всем протяжении месторождения отмечается двоякость рудовмещающего горизонта по Центральному разлому, в связи с чем выделяются Северная и Южная рудные зоны. В западной части месторождения они удалены на расстояние 100 м, в восточной — сближаются до нескольких десятков метров, а на отдельных участках сочленяются с образованием единой рудной зоны (рис. 3).

В зависимости от характера рудовмещающих структур и их формы на месторождении выделяется два структурно-морфологических типа рудных тел: 1) линзы сплошных руд, приуроченные к зонам межпластового срыва и отслаивания вдоль всяческого контакта кремнистых пород с известняками, и 2) линзовидные зоны прожилковых и брекчированных руд штокверкового типа, приурочен-

ные к внутрипластовым структурам дробления и тонкой трещиноватости в горизонте кремнистых пород.

Основную ценность месторождения представляют линзы (более шести) сплошных руд, имеющие широтное простирание и крутое, близкое к вертикальному падение. Для всех линз характерна вытянутость по падению, значительно превышающая протяженность по простиранию, что предопределяет трубообразную форму рудных тел. В строении рудных тел выдерживается определенная зо-

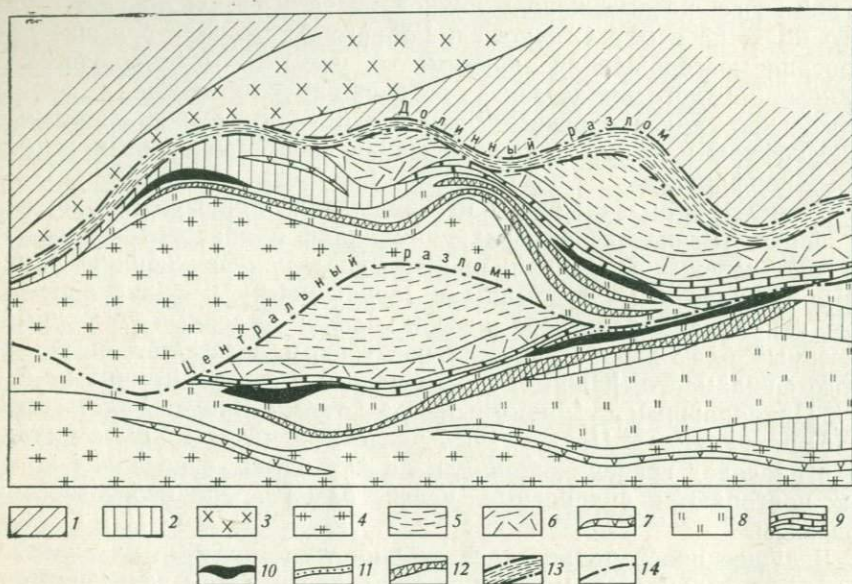


Рис. 3. Схематический геологический план Зареченского барит-полиметаллического месторождения. По В. И. Дмитриеву.

1 — алевриты (Pz<sub>1</sub>); 2 — песчаники (Pz<sub>1</sub>); 3 — гранитоиды (C<sub>3</sub>-P<sub>1</sub>); 4 — альбитизированные кварцевые порфиры (D<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>); 5 — кварцевые альбитофиры (D<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>); 6 — позднегерцинские субвулканические дайки кварцевых альбитофиров; 7 — позднегерцинские дайки габбро-диабазов и диабазовых порфиритов; 8 — кремнистые породы; 9 — известняки; 10 — сплошные барит-сульфидные руды; 11 — сплошной барит; 12 — прожилковая барит-сульфидная руда; 13 — зона рассланцевания пород; 14 — разрывные нарушения

нальность: висячий бок сложен баритовой или серебро-баритовой, лежащий — серебро-барит-полиметаллической рудой.

Зоны прожилковых и брекчированных руд штокверкового типа прослеживаются, как правило, в лежащем боку линз сплошных руд. Протяженность по простиранию обычно не превышает 100—150 м. Мощность колеблется от 1—2 до 20—25 м. Рудные зоны представлены раздробленными кремнистыми породами, сцементированными гипогенной рудой барит-полиметаллического состава. Выделяются следующие морфологические типы руд: жилообразные тела, гнезда, брекчии, прожилки. Наиболее широко распространены прожилковые руды, нацело слагающие отдельные рудные

зоны и приуроченные к участкам тонкой трещиноватости. Прожилки не имеют строго определенной ориентировки и образуют прихотливые сетчатые сплетения; мощность прожилков от нитевидной до 10 см.

В зависимости от минерального состава (табл. 12) и содержания основных компонентов на месторождении выделяются следующие типы руд: сплошные серебро-барит-полиметаллические, сплошные серебро-баритовые, сплошные баритовые и прожилковые полиметаллические и серебро-барит-полиметаллические. Наиболее широко распространенными и ценными в промышленном отношении являются сплошные и прожилковые серебро-барит-полиметаллические руды.

Таблица 12

Минеральный состав руд Зареченского месторождения

Главные		Второстепенные		Редкие
Рудные	Нерудные	Рудные	Нерудные	
Сфалерит Галенит Блеклая руда Халькопирит Борнит Халькозин	Барит Кальцит Кварц	Пирит Марказит Алтайт Аргентит Электрум Гематит	Серицит Хлорит Доломит	Вюрцит Бурнонит Самородный теллур Гессит Сильванит Полибазит Энаргит Магнетит Анкерит Стефанит Штроемейерит Ленгенбахит Ялпайт

Относительно генезиса Змеиногорского, Зыряновского, Орловского, Белоусовского и других месторождений Рудного Алтая существуют разные мнения.

А. Н. Кен и В. И. Васильев (1970) все колчеданные барит-полиметаллические месторождения Рудного Алтая считают доскладчатными вулканогенно-осадочного генезиса, образовавшимися в начальном этапе развития герцинской геосинклинали. При этом они придерживаются представления о комбинированном ювенильно-вадозном генезисе руд. По их мнению, образование промышленных колчеданных барит-полиметаллических месторождений на Рудном Алтае происходило на рубеже девона и карбона (вероятнее всего, в турне), до складчатости конца вize — наюра.

Б. И. Вейц (1953), А. И. Семенов (1954 г.) и др. считают месторождения гидротермально-метасоматическими, возникшими в позднегерцинское время.

## *Группа полиметаллических (стратиформных) баритсодержащих месторождений*

Эта группа месторождений в отличие от охарактеризованных выше колчеданных локализуется существенно в осадочных породах, но и для них предполагается наиболее вероятным поступление рудного материала из вулканических очагов. При этом считается, что рудные залежи не всегда синхронны подводному вулканическому извержению, а большей частью могут быть связаны с последующим затуханием вулканической активности.

Месторождения этого типа формируются как в геосинклиналях, так и на платформах, на дне акваторий и в ореолах влияния вулканических очагов. По характеру соотношения с осадочно-вулканогенными процессами рассматриваемые месторождения, как уже было сказано, подразделяются на две подгруппы (см. табл. 6 и стр. 76 и 77).

На примере этих подгрупп можно проследить связь осадочных, вулканогенно-осадочных и гидротермальных классов месторождений. Далее рассмотрены примеры только стратиформных барит-полиметаллических месторождений, образовавшихся в наложенных геосинклинальных трогах. Широко известные рудопроявления подобно типа в осадочных чехлах древних платформ и щитов ввиду их слабой изученности здесь не рассматриваются. В общем они характеризуются простым минеральным составом (галенит, сфалерит, пирит, реже халькопирит, блеклая руда, барит и флюорит) и представляют собой седиментационно-катагенетические образования среди морских или прибрежно-морских отложений, представленных сероцветной или пестроцветной терригенно-карбонатной формацией. Наиболее вероятным источником рудного вещества считаются осадочные и вулканогенно-осадочные породы и fumarольно-сульфатарная деятельность в области накопления отложений указанной формации. Иногда удается установить синхронность рудонакопления в бассейнах и проявления вулканизма в соседних геосинклинальных зонах.

В платформенных чехлах (Украинского и Балтийского щитов, Русской и Сибирской платформ) стратиформные барит-полиметаллические рудопроявления встречаются в отложениях широкого возрастного диапазона — от венда до неогена, причем максимальное количество рудопроявлений приходится на ордовик в зонах периферического складчатого обрамления платформ и на девон, нижний карбон и пермь внутри платформ.

**Гидротермально-вулканогенно-осадочная подгруппа стратиформных барит-полиметаллических месторождений.** Месторождения этой подгруппы имеют много общих черт с доорогенными вулканогенно-осадочными колчеданными барит-полиметаллическими месторождениями и в то же время во многом отличаются от них. Главной отличительной особенностью их является размещение в наложенных эвгеосинклинальных трогах, возникающих в этапы деструкции и погружения срединных массивов и других

консолидированных структур с мощной сиалической корой. Прогибание геосинклиналей в этих районах было сравнительно замедленным, что сказалось на характере и типе осадочно-вулканических формаций. Вулканиты в этих провинциях обычно щелочно-земельные, натровые и переходные к калинатровым; преобладает контрастная базальт-липаритовая формация, которая в отличие от формаций областей развития колчеданной барит-полиметаллической группы месторождений характеризуется преобладанием кислых пород над основными.

Примерами месторождений описываемой подгруппы являются Жайремское, Ушкатын III, Бестюбинское, Туюкское и другие в Центральном Казахстане. Характерная особенность их — это формирование в поздних геосинклинальных трогах.

В районе развития месторождений вмещающие породы представлены частым чередованием контрастных по составу вулканитов — спилитов, кератофинов, туфов, кремнисто-карбонатных пород, битуминозных известняков, углистых сланцев, магнетитовых и сидеритовых слоев. Вмещающими оруденение породами обычно являются доломитизированные известняки, темные углистые кремнистые мергели, а также органогенно-детритовые известняки, реже туфы и туффиты.

Вероятные источники рудного вещества связываются с послевулканической фумарольно-сульфатарной деятельностью в бассейне рудонакопления, так как на некоторых месторождениях наблюдается совмещение положения вулканических аппаратов и рудных полей с ореолами последующего наложения на осадочные руды гидротермального процесса.

Барит-полиметаллические месторождения гидротермально-вулканогенно-осадочного генезиса имеют более сложную морфологию рудных тел в отличие от месторождений телетермально-осадочного (седиментационно-катагенетического) генезиса. Среди месторождений этого типа преобладают пластообразные и метасоматические залежи, не всегда согласные с напластованием вмещающих пород. Количество рудных тел на ряде месторождений достигает 10 и более. Кроме пластообразных на многих месторождениях Центрального Казахстана встречаются линзовидные и неправильной формы жиллообразные рудные тела, осложненные внутрирудными и пострудными нарушениями. Среди последних иногда отмечаются нарушения надвигового характера вдоль напластования осадочных пород. Эти дислокации сопровождалась перемещениями рудного вещества и метаморфическими преобразованиями его. В зонах интенсивных дислокаций часто отмечается перераспределение рудного вещества и преобразование первоначально пластовых, согласных рудных тел в жильные, штокверковые, прожилково-вкрапленные — различного типа рудные столбы, — попутно с изменением вмещающих пород, напоминающим гидротермальные околорудные изменения.

Указанные факты трактуются некоторыми исследователями в качестве признаков гидротермального генезиса руд. Так, напри-

мер, К. М. Муканов, В. В. Кулинич и др. (1970 г.) скопления барита в ассоциации с сульфидами свинца, цинка и меди на ряде месторождений Центрального Казахстана связывают не только с длительным осадочно-вулканогенным процессом (более 20 млн. лет), но и с наложением и переотложением рудного вещества в результате последующих метаморфических и гидротермальных процессов. Ими выделяются пять генетических типов барита, образованных в последовательности: вулканогенно-осадочный → гидротермально-метасоматический → гидротермальный (жильный) → гидротермально-перекристаллизованный → вторичный.

Состав руд с баритом разного генезиса изменяется в широких пределах. Руды вулканогенно-осадочные включают железо-марганцевые, свинцово-цинковые и цинково-барит-пиритовые ассоциации. Руды гидротермально-метасоматические, обычно наложенные на первый тип руд, представлены в основном цинково-свинцово-баритовыми ассоциациями. Гидротермальные (жильные), гидротермально-перекристаллизованные и вторичные руды, по сути дела, образуют третий тип руд, наиболее сложный по минеральному составу.

На многих стратиформных барит-полиметаллических месторождениях выявляется концентрическая зональность в распределении руд. При проявлении руд всех генетических типов на месторождениях (Западное) фиксируется следующая зональность (от центра к периферии): медно-баритовые руды в средней части (галенит в виде редкой рассеянной вкрапленности); галенит-баритовые руды; зона развития барит-полиметаллических руд с резко преобладающей ролью сфалерита; свинцово-цинковые руды с подчиненным количеством барита; существенно цинковые руды с постепенным снижением содержания сульфидов к периферии. Руды четвертой и пятой зон относятся к вулканогенно-осадочным, а руды первой, второй и третьей зон — к гидротермально-метасоматическим. Эта зональность не всегда выдерживается. Так, на Дальнезападном месторождении в центре рудного поля выделяется безрудная зона кварцевых и пирит-кварцевых метасоматитов с неравномерным прожилково-гнездовым распределением медного оруднения. Затем следует баритовая зона, представляющая собой те же (что и в центре) пирит-кварцевые метасоматиты с интервалами баритовых руд. За ней идет зона барит-полиметаллических руд и зона бедных цинковых руд. Зона свинцово-баритовой минерализации, хорошо проявленная на Западном месторождении, на Дальнезападном не выражена.

На барит-полиметаллических месторождениях Атасуйского района концентрическая зональность выражена в преобладании гидротермальных метасоматитов в центре и осадочных руд по периферии. Это указывает на первичноосадочное происхождение руд и дальнейшую их переработку гидротермальными растворами. Гидротермальные растворы, очевидно, доставляли дополнительные элементы, но в основном перераспределяли ранее накопленный рудный материал.

В целом барит-полиметаллические месторождения и рудопроявления в Центральном Казахстане располагаются на обширной площади распространения терригенно-карбонатных отложений, в основном верхов фаменского яруса и низов этренских слоев. Рудоносные фации верхнего фамена распространены локально, а большая часть заключенных среди месторождений тяготеет к местам проявления поствулканических эксгалиций и контролируется тектоническими нарушениями.

Рудоносные фации верхнего фамена и низов этрена отличаются от сходных с ними литофаций нижнего фамена и турне повышенной кремнистостью, а в низах разреза также и углистостью. Кроме того, для рудоносных фаций характерны своеобразная текстура и структура пород, пестрота их окраски, обусловленные седиментогенезом в мелководных условиях на фоне постоянно проявлявшихся вулканических процессов.

По химическому составу рудоносные толщи также отличаются от выше- и нижележащих повышенным содержанием  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  и  $\text{K}_2\text{O}$ , несколько пониженным содержанием  $\text{CaO}$  и повышенной зараженностью определенными элементами-индикаторами, такими, как  $\text{Pb}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{Ge}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Hg}$  и  $\text{Mn}$ , которые характерны не только для осадочных пород рудоносной фации, но и для вулканитов. Проведенное изучение эндогенных ореолов рассеяния элементов-индикаторов в рудных полях месторождений показало, что фоновые содержания  $\text{Ba}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Sr}$  и других во много раз (бария в 40 раз) превышают кларковые содержания этих элементов для карбонатных пород; локально повышен фон молибдена, германия и ртути.

Изучение корреляционных соотношений элементов в самих рудных телах и образованиях вулканогенно-осадочного и гидротермально-метасоматического генезиса также показало различия между ними. Устойчивые корреляционные связи у цинка со всеми остальными элементами наблюдаются лишь у вулканогенно-осадочного типа руд. У бария в этом же типе руд корреляционная сила связи в одном случае составляет ряд  $\text{Zn} \rightarrow \text{Pb} \rightarrow \text{Cu}$ , в другом —  $\text{Pb} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Cu}$ . В гидротермально-метасоматическом типе руд у бария корреляционная сила связи понижается в ряду  $\text{Cu} \rightarrow \text{Pb} \rightarrow \text{Zn}$ .

Интересны ореолы рассеяния ртути. При чувствительности анализов на ртуть  $1 \cdot 10^{-7}\%$  этот элемент обнаруживается во всех рудных телах. Для гидротермально-метасоматических рудных тел устанавливаются первичные ореолы ртути, не подчиняющиеся плану пликативных структур, тогда как для руд вулканогенно-осадочного генезиса фиксировались узкие линейные ореолы ртути, вписывающиеся в контуры складчатых структур. Характер распределения ртути в отдельных рудных минералах, диагенетических стяжениях и баритах свидетельствует об участии ее в рудном процессе начиная с диагенеза и кончая гидротермально-метасоматическими процессами. Отмечается довольно высокое среднее со-

держание ртути в баритах вулканогенно-осадочного происхождения, хотя оно несколько ниже, чем в баритах гидротермального типа.

Проведенное спектрометрическое изучение состава элементов-примесей в баритах различных генетических типов показало следующее.

1. Для вулканогенно-осадочного барита характерны элементы стронций, цирконий, цинк, сурьма, германий, магний, висмут, ванадий, галлий, бериллий, кальций. При этом цирконий присутствует только в этом виде барита. Отсутствуют кобальт, никель, висмут.

2. Для гидротермально-метасоматического барита характерны стронций, кобальт, никель, галлий, молибден. Отсутствуют цирконий, висмут, ванадий.

3. Гидротермальный (жильный) барит еще беднее элементами-примесями. В нем не обнаружены кобальт, цирконий, цинк, марганец, а остальные элементы встречаются в количестве от следов до 0,001%.

4. В гидротермально-перекристаллизованном барите отсутствуют цирконий, цинк, олово, германий, галлий, бериллий. В виде следов встречаются кобальт, никель, молибден, марганец и сурьма.

5. Во вторичных баритах обнаружены кобальт, цинк, никель, германий в количествах от следов до 0,01%, а марганец до 1%. Отсутствуют цирконий, олово, висмут, галлий, бериллий и другие элементы.

Сходство элементов-примесей в первых трех генетических типах барита позволило К. М. Муканову, В. В. Кулиничу и др. (1970 г.) сделать вывод о единстве их источника. Одновременно ими отмечается, что гидротермальный жильный барит беднее элементами-примесями. Обычно он залегает среди вулканогенно-осадочных отложений живет-франского возраста и рассматривается в качестве глубоких корней уничтоженных эрозией барит-полиметаллических месторождений, т. е. остатка каналов, по которым гидротермы поднимались из магматических очагов.

Из изложенного можно сделать вывод, что образование стратиформных барит-полиметаллических месторождений в Центральном Казахстане в основном происходило в конечные этапы развития герцинской геосинклинали в позднефаменское — раннеэтренское время в поздних геосинклинальных трогах в прибрежно-морских условиях с широко развитым вулканизмом.

Жайремское барит-полиметаллическое месторождение представлено тремя участками — Западным, Дальнезападным и Восточным. Некоторые исследователи считают эти участки самостоятельными месторождениями.

В строении Жайремского рудного поля принимают участие морские отложения фаменского и турнейского ярусов, представленные фациями застойных иловых впадин, обычный ход осадконакопления в которых осложнялся периодическим поступлением про-

дуктов эксплозивной и эксгаляционно-гидротермальной деятельности, а также грубого обломочного материала.

Месторождение представлено крупными линзообразными и пластообразными залежами сложной формы преимущественно с неравномерным распределением полезных компонентов. Рудные тела отчетливо стратифицированы, приурочены к горизонтам глинисто-кремнисто-карбонатных пород фамена и залегают согласно со складчатыми структурами.

В структурном отношении месторождение приурочено к западной части Жайльменской мульды, являющейся составной частью Жайремской брахиантиклинали. Западный участок месторождения расположен в северо-восточной части брахиантиклинали, Восточный — в 1 км восточнее и Дальнезападный в 2,5 км к юго-западу от Западного участка.

Ядро Жайремской брахиантиклинали сложено глинисто-карбонатными отложениями нижнефаменского подъяруса, а крылья рудоносным горизонтом верхнефаменского подъяруса и перекрывающей его кремнисто-карбонатной толщей турнейского яруса. Нижнефаменские отложения расчленены на семь горизонтов с различными соотношениями терригенных, карбонатных, кремнистых и вулканогенно-кластических отложений. Верхнефаменские отложения по литологическим особенностям разделены на нижнюю и верхнюю пачки. Нижняя пачка характеризуется пестрым составом и невыдержанной мощностью, верхняя сложена красноцветными волнисто-слоистыми известняками. Турнейские отложения расчленены на нижнюю и верхнюю подбиты с двумя горизонтами в каждой из них.

В пределах Жайремского рудного поля установлены следующие проявления магматических пород: субвулканическое тело калишпатовых порфиров и миндалекаменных порфиритов на Западном и Восточном участках, дайки диабазов на Восточном участке и рвущие и межпластовые тела эксплозивных брекчий.

Рудные участки месторождения приурочены к сложно дислоцированным крыльям Жайремской брахиантиклинали. Падение крыльев складок  $10-60^\circ$ . Фиксируются разрывные нарушения; особенно многочисленны межпластовые срывы, способствовавшие интенсивной циркуляции рудоносных растворов.

На месторождении выделяются седиментационные железо-марганцевые и галенит-сфалеритовые руды и гидротермально-метасоматические свинцово-цинково-баритовые и гипергенные цинк-олигонитовые руды. Промышленное значение имеют только наложенные гидротермально-метасоматические руды.

В локализации оруденения отчетливо проявляется структурный и литологический контроль. Структурный контроль определяет концентрацию оруденения на трех изолированных участках, на которых наиболее богатые руды приурочены к флексурам и узлам их пересечения. Литологический контроль определяет распределение оруденения в разрезе. Седиментационные железо-марганцевые руды, галенит-сфалеритовая и сфалерит-пиритовая минерализация

являются составной частью отложений фамена. Промышленного значения из-за низких содержаний компонентов они не имеют. Барит-полиметаллические руды наложены на вмещающие породы, в различной степени замещая их. Барит и рудная минерализация распространены в разрезе крайне неравномерно и приурочены в основном к глобулярным пиритным ритмам. Наложенные гидротермально-метасоматические свинцово-цинково-баритовые руды на разных участках концентрируются в различных горизонтах разрезов фаменских отложений.

Рудные тела в вертикальном сечении имеют форму сложнопостроенных линзообразных залежей. Они сильно раздуты по мощности в центральных частях и постепенно расщепляются на множество ветвей и выклиниваются к периферии участков. Центры залежей пространственно совпадают с наиболее тектонически осложненными участками, характеризующимися интенсивной гидротермальной переработкой.

На месторождении по соотношению основных минералов выделяются следующие природные типы руд: баритовые, медно-баритовые (барит, пирит, халькопирит), свинцово-баритовые (барит, кварц, галенит, пирит, халькопирит), барит-свинцово-цинковые (барит, кварц, пирит, галенит, сфалерит, блеклая руда, халькопирит), свинцово-цинковые (кальцит, кварц, пирит, сфалерит, галенит), сфалерит-пиритовые (кальцит, кварц, пирит, сфалерит), цинк-олигонитовые (цинковый олигонит, кварц, гидрослюда). Проведенными технологическими исследованиями типизация руд подтверждена и выявлена возможность объединения свинцово-баритовых и свинцово-цинково-баритовых руд в барит-полиметаллический тип, а также необходимость разделения сфалерит-пиритовых руд по агрегатному состоянию на выветрелые и не выветрелые.

Основными минералами, определяющими промышленную ценность месторождения, являются сфалерит, галенит и барит. В больших количествах присутствует в рудах пирит, который может извлекаться в процессе обогащения для промышленных целей. В медных (халькопирит, блеклая руда) и медно-баритовых рудах присутствуют минералы кобальта и никеля.

Описываемое месторождение, по данным большинства исследователей (А. А. Рожнов, 1961, 1966, 1967 гг.; А. А. Рожнов и др., 1970 г.; Н. М. Митряева и др., 1962, 1967 гг.; Г. Н. Щерба и др., 1967, 1970 гг.; А. П. Копытова и др., 1974 г.), относится к гидротермальному типу с выделением субмаринно-гидротермального (первого) и метасоматического (второго) этапов рудообразования. Всеми признается, что образование промышленного барит-полиметаллического оруденения происходило во время второго этапа, после формирования складчатых структур.

Бестюбинское барит-полиметаллическое месторождение приурочено к восточному замыканию Джаильминской мульды, сложенной преимущественно осадочными породами нижнего карбона (известняки, аргиллиты, песчаники) и вулканогенно-осадочными нижнего, среднего и верхнего девона. В струк-

турном отношении оно приурочено к северо-восточной части Атасуйской синклинали, осложненной многочисленными мелкими складками, разрывными нарушениями и внедрившимися дайками основного состава.

Рудное поле (площадь около 15 км<sup>2</sup>) сложено фаменскими и нижнетурнейскими отложениями, представленными переслаивающимися пачками известняков, кремнистых мергелей, аргиллитов, глинистых сланцев и терригенно-карбонатных образований. Все породы собраны в мелкие линейные складки, вытянутые согласно общей синклинальной структуре в северо-восточном направлении. Интрузивные породы представлены единичными дайками диабазов и диабазовых порфиритов.

Вмещающие породы рудного поля месторождения претерпели интенсивное гидротермальное изменение. Наиболее значительно в рудном горизонте проявилась баритизация, с которой непосредственно связано отложение рудных минералов, и калишпатизация в горизонте серых глинистых силицитов. Окварцевание, альбитизация, доломитизация, серицитизация и хлоритизация развиты незначительно и имеют локальный характер. Изучение взаимоотношений минералов позволило установить последовательность метасоматического изменения пород: калишпатизация → альбитизация → окварцевание → баритизация → серицитизация → хлоритизация.

Барит-полиметаллическое оруденение приурочено к двум мелким синклинальным складкам. В одной из них (I участок) залегает Основное рудное тело месторождения, заключающее около 80% всех разведанных запасов, и шесть мелких рудных линз. В пределах второй складки, находящейся в 200—300 м к юго-востоку от первой, выделено одно рудное тело.

Основное рудное тело залегает согласно с вмещающими породами, имеет северо-восточное простирание и падение на крыльях складки под углом 75—90°. В центральной части оно выходит на поверхность и прослеживается на 290 м при средней ширине 50 м. Мощность рудного тела по простиранию и падению невыдержанная: в крыльях складки она колеблется от 5 до 40 м, в замковой части — от 10 до 75 м.

Складчатая структура I участка (рис. 4) осложнена разрывными нарушениями типа взбросов. Один из них срывает северо-западное крыло складки и прослеживается почти параллельно ее оси через все рудное поле. Амплитуда смещения 75—85 м. Плоскость взброса падает на СЗ 315° под углом 70—80°. В зоне взброса шириной до первых десятков метров среди интенсивно раздробленных пород широко развиты прожилки и гнезда молочно-белого кварца с пиритом. Наличие дробленых обломков барита в зоне взброса, поздних прожилков молочно-белого кварца, а также установленное огибание плоскостью взброса массивных баритовых залежей позволяет считать его пострудным.

Контакты рудных тел с вмещающими породами весьма нечеткие, что обусловлено избирательным метасоматическим замеще-

нием неравномерно слоистых пород рудного горизонта, имеющих кремнисто-карбонатно-глинистый состав. Выклинивание как основной залежи, так и мелких линз постепенное.

Главными рудными минералами являются галенит, сфалерит, пирит, встречаются буланжерит, джемсонит, бурнонит, люционит, энаргит, пираргирит, полибазит, геокронит, сульванит и фрейеслебениит; главный нерудный — барит. Зона окисления на месте-

рождении развита неравномерно, чаще всего до 30—50 м, иногда в лежащем крыле складки опускается до 200 м. Основным минералом зоны является церуссит, широко распространены гидроокислы железа. К окисленному типу руд отнесены разности с содержанием окисленных форм свинца более 60%.

Рудные минералы рассеяны в виде неравномерной тонкой вкрапленности в баритах, баритизированных породах, кварц-баритовых прожилках. Размер зерен галенита и сфалерита колеблется от 0,001 до 10 мм, чаще равен 0,02—0,3 мм.

Основную промышленную ценность в рудах составляют свинец, цинк, барит. Среднее содержание барита в рудах по месторождению 58,98%.

Рудное тело II участка не выходит на поверхность. На глубине 180 м по простиранию оно прослежено на 600 м, по падению на 140 м и имеет мощность от 4 до 27 м. Оно, так же как и рудное тело I, имеет пластообразную форму и приурочено к литологически благоприятным породам рудного горизонта. Последний в свою очередь приурочен к висящему крылу синклинальной складки. В отличие от рудного тела I залежь II участка резко выклинивается по падению; по простиранию же строение ее более выдержанное.

В крыльях обеих рудных структур встречаются мелкие залежи линзообразной формы, сложенные железными рудами, в основном магнетит-гематитового состава. Содержание железа в рудах колеблется от 20 до 40%, среднее 33,6%. Запасы железных руд в целом по месторождению ориентировочно оцениваются в 8,7 млн. т.

Геологи, занимавшиеся изучением Бестюбинского месторождения (Н. А. Херувимова, А. И. Утробин), относят его к гидротер-

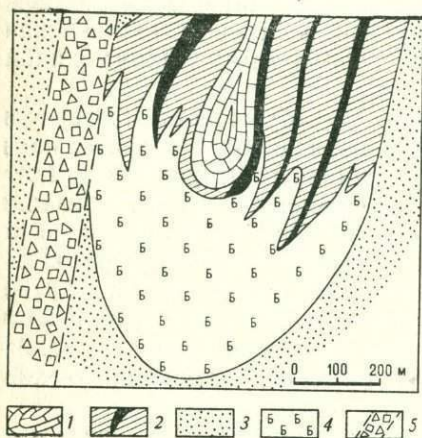


Рис. 4. Геолого-структурная схема участка I Бестюбинского месторождения.

1 — промежуточная пачка; 2 — железо-марганцевая подпачка с пластами железных руд; 3 — «углистая» подпачка; 4 — барит-полиметаллическая руда; 5 — зона дробленых пород

мально-метасоматическому типу, что подтверждается наличием незамещенных участков вмещающих пород в массе барита, а также приконтактовыми изменениями — серицитизацией, хлоритизацией и альбитизацией. Другие исследователи (Н. Г. Серый, Л. Л. На-тапова, 1958—1961 гг.) бариты со свинцово-цинковым оруденением считают первичноосадочными, с последующим обогащением рудных тел свинцово-цинковыми минералами в процессе метаморфизма. Имеется и третья точка зрения (А. Н. Топаев, А. В. Самолазов и др.) на генезис месторождения: барит и связанные с ним полиметаллические руды образовались в результате проникнове-ния гидротермальных растворов по зонам повышенной трещинова-тости и дробления пород в благоприятный для замещения и рудо-отложения горизонт железо-кремнисто-карбонатных пород.

На месторождении отчетливо проявлен литолого-структурный контроль оруденения. Основная часть свинцово-цинково-баритовых руд приурочена к горизонту, характеризующемуся неравномерным тонким переслаиванием глинисто-кремнисто-карбонатных пород, гематит-магнетитовых руд и яшм. Гидротермальный этап на месторождении начался с проявления щелочного метасоматоза, с которым тесно связано и окварцевание пород. Баритизация про-исходила в две стадии. Основное оруденение связано с первой стадией, а во вторую стадию образовались небольшие линзы и гнезда крупнокристаллического барита с вкрапленностью сульфидов и сульфосолей.

Пострудная стадия гидротермального этапа проявилась в обра-зовании гнезд и прожилков молочно-белого кварца с пиритом и зон альбитизации, сопровождающих зоны разрывных нарушений. Возраст оруденения определен как верхнекаменноугольный — ниж-непермский.

**Подгруппа телетермально-осадочных (седиментационно-катаге-нетических) барит-полиметаллических месторождений.** Примерами месторождений этой подгруппы являются Уч-Кулачское в Узбеки-стане, Миргалимсайское и Каратауское в Юго-Западном Казах-стане, а также месторождения Халлилимонлу в Турции, штатов Арканзас и Невада в США, месторождение Барега в Италии и др.

По мнению Ю. В. Богданова и Э. И. Кутырева (1970), место-рождения этого типа формировались в геосинклинальных трогах без существенного влияния вулканизма в литогенезе прибрежно-морского и морского осадконакопления. Рудовмещающие при-брежно-морские отложения представлены карбонатно-терригенной толщей, характеризующейся чередованием горизонтов конгломератов, песчаников, алевролитов, песчанистых известняков, мергелей и доломитов, а морские отложения — карбонатными толщами, в разрезе которых отмечаются тонкослоистые битуминозные извест-няки и доломиты черного и темно-серого цвета, чередующиеся с углистыми аргиллитами, сланцами, кварцитами, иногда карбонат-ными брекчиями.

Палеорельеф и динамика осадконакопления в районах при-брежно-морских месторождений (Уч-Кулачское) характеризуются

высоким градиентом мощностей осадков по площади (десятики метров на 1 км), а для месторождений, образовавшихся в морских условиях (Миргалимсайское, Каратауское), благоприятными для рудонакопления представляются склоны конседиментационных поднятий и рифовые массивы.

Для прибрежно-морских и морских месторождений источником рудного вещества служили осадочные и осадочно-вулканогенные породы, для первых в области сноса, а для вторых — в пределах внутрибассейновых поднятий. В том и другом случаях периоды рудонакопления синхронны с вулканизмом в соседних районах.

Характерной чертой рудоносных осадков для телетермально-осадочной подгруппы барит-полиметаллических месторождений является последнее распределение рудных минералов и барита в горизонтах различных диагенетических нарушений слоистости. Характерным является приуроченность баритового и сульфидного оруденения к прослоям, обогащенным органическими остатками, развитие псевдоморфоз барита и рудных минералов по створкам и ядрам раковин, мшанкам и кораллам. Иногда отмечаются конкреционные образования барит-полиметаллических руд или обогащение баритом, свинцом и цинком цемента брекчий.

На месторождениях этого типа местами наблюдается горизонтальная и вертикальная зональность оруденения. Горизонтальная зональность обычно выражена слабо по отношению к береговой линии или осям конседиментационных поднятий. По направлению к последним барит-цинковые руды сменяются барит-свинцовыми и далее в них появляются примеси халькопирита, халькозина и других медных минералов. Вертикальная зональность иногда проявляется в смене вверх по разрезу баритоносных с медью карбонатно-терригенных пород баритоносными с цинком и свинцом терригенно-карбонатными и карбонатными породами.

В рудах фиксируются характерные катагенетические и метаморфические преобразования. Катагенез рудоносных пород обычно выражен в перекристаллизации барита и сульфидов и развитии секущих баритовых прожилков и жил, зальбанды которых обогащены сульфидами. Метаморфические преобразования выражены в регенерации барита и сульфидов с образованием интерстициальных графических и других структур руд, а также прожилков и рудных брекчий. Иногда на телетермально-осадочные месторождения накладывается более поздняя гидротермальная деятельность с проявлением весьма интенсивной баритизации и окварцевания рудоносных горизонтов, с полным или частичным перераспределением ранее отложившихся барита и сульфидов и наложением аллохтонной минерализации фтора, серебра и золота и др.

Миргалимсайское барит-полиметаллическое месторождение находится в Центральном Каратау. В структурном отношении хр. Каратау представляет собой сложнопостроенный мегантиклинорий, в пределах которого может быть выделено несколько антиклинориев и синклинориев, в том числе и синклинорий Центрального Каратау. Очень большое значение в

строении Каратау имеют разрывные нарушения. Особенно важную роль играет Главный Каратауский разлом, являющийся северо-западным продолжением Талассо-Ферганского глубинного разлома.

В геологическом строении месторождения принимают участие карбонатные породы фаменского яруса верхнего девона и турнейского яруса нижнего карбона. Они образуют крупную Миргалимсайскую антиклинальную складку северо-западного простирания, осложненную более мелкой складчатостью. Падение пород на крыльях складок изменяется от 15—20 до 50—90°. Складки осложнены разрывными нарушениями типа надвигов, сбросов, взбросов и сдвигов. Амплитуда перемещений по крупным нарушениям колеблется от 200 до 1000 м, по мелким — от единиц метров до нескольких десятков метров. Крупными надвигами месторождение разделяется на восемь участков: Центральный, Пологовзброшенный, Южный, Сонкульсайский, Западный, Северный, Мухамед, Биресекская синклиналь (Даулетсай).

Руды Миргалимсайского месторождения представляют собой первичные карбонатные минерализованные породы, в которых рудное вещество содержится в виде метасоматической вкрапленности и выполняет мелкие трещины. В зависимости от степени развития метасоматической и прожилковой минерализации выделяются две основные разновидности руд: доломитизированные и баритизированные породы с послонным и прожилковым оруденением и слабо баритизированные породы с прожилковым оруденением. Промышленное оруденение приурочено к доломитизированным известнякам и доломитам второго ленточного и частично к верхней части ячеистого горизонтов фаменского яруса.

Рудовмещающая толща мощностью от 1,5 до 14 м подразделяется на 11 пачек, сгруппированных по степени барит-свинцовой минерализации в четыре залежи пластообразной формы. Большая часть подсчитанных балансовых запасов заключена в Основной залежи, которая характеризуется и наиболее богатым оруденением (среднее содержание барита 9,9%). Ячеистая залежь обычно объединяется с Основной. Промежуточная залежь от общих запасов барита месторождения составляет 27%. Участки ее с балансовыми рудами лежат непосредственно на Основной залежи, образуя отдельные линзы. Всего выделено 37 линз, в шести из них сосредоточены основные запасы. Мощность промежуточной залежи 1,5—5 м, среднее содержание  $BaSO_4$  21%. Параллельная залежь включает 10,5% от общих балансовых запасов баритовой руды. Основные запасы сосредоточены в двух линзах. Мощность залежи от 1 до 3 м, средняя 2,2 м. Среднее содержание  $BaSO_4$  10,9%. Рудные залежи согласны с вмещающими породами и по условиям залегания делятся на пологопадающие (с углами падения менее 35°) и крутопадающие.

В общем для месторождения подмечено закономерное уменьшение мощности залежей, их количества и интенсивности оруденения в них по направлению от сводовых (прикупольных) частей анти-

клиналей, сопряженных с крутопадающими рудовмещающими разломами, к их крыльям и далее по мере перехода в синклинальные структуры.

Геохимическим изучением баритоносности на Миргалимсайском месторождении устанавливается определенная закономерность в распределении бария в рудном горизонте. Повышенные его концентрации приурочены к довольно узкой полосе, протягивающейся с юго-востока на северо-запад через центральную часть месторождения. Эта полоса занимает кососекущее положение к главной структуре — Миргалимсайской антиклинали и пространственно почти совпадает с зоной повышенных мощностей рудного горизонта. При удалении от центральной части месторождения к его периферии содержание бария понижается. В разрезе рудного горизонта снизу вверх содержание бария также уменьшается.

Основным минералом-носителем бария на месторождении является барит, количество которого изменяется от нуля до 60—70% на участках сплошных баритовых руд. Кроме барита в рудном горизонте встречаются витерит, баритокальцит и баритоцелестин, по количеству резко уступающие бариту. Высокое содержание  $BaSO_4$  приходится на зону повышенной мощности рудного горизонта (12—18 м). Увеличение мощности более 20—22 м приводит к разубоживанию содержания барита и других полезных компонентов.

Руды Миргалимсайского месторождения по составу делятся на свинцовые, свинцово-баритовые и баритовые. В зависимости от степени окисления выделяются первичные сульфидные руды, окисленно-сульфидные и окисленные.

Главными рудными минералами сульфидных руд являются пирит, марказит, галенит и сфалерит, нерудными — доломит, анкерит, барит, кварц и кальцит. В зоне окисления развиты церуссит, англезит, смитсонит, плюмбоярозит, гидрогематит, гидрогетит и др.

Распределение барита в рудах весьма неравномерное. Свинцовые разновидности руд содержат его от 0,2 до 7%, свинцово-баритовые от 7 до 30% и баритовые от 30 до 64%. Главные рудные минералы пирит, галенит и сфалерит присутствуют во всех пачках рудного горизонта. Нерудные минералы — доломит, анкерит, барит, кварц и кальцит — распространены в рудном горизонте повсеместно, но неравномерно. Они образуют вкрапленность, заметно распределенную послойно. Вкрапленники избирательно замещают цемент овоидов, оолитов и обломков органических остатков. Подмечено, что замещение нерудными минералами несравненно интенсивнее в породах овоидной и органогенно-шламовой структуры; в разностях же с иловатой структурой наблюдаются лишь редкие мелкие зерна этих минералов.

Кроме метасоматической вкрапленности нерудные минералы образуют весьма сложную систему прожилков, а также присутствуют в цементе брекчий. Мощность прожилков от нескольких долей миллиметра до 1—15 см, протяженность от 1 мм до нескольких

метров. Состав прожилков либо мономинеральный, либо смешанный. Крупные прожилки в подавляющем большинстве случаев выполнены кальцитом, реже баритом и доломитом. Рудные минералы в них образуют вкрапленность. В мелких прожилках (просечках) по объему преобладают сульфиды, особенно часты просечки галенита. В прожилках минералы образуют гранобластические, гетеробластические и крустификационные структуры. Размеры зерен жильных минералов, отложившихся в прожилках, значительно крупнее, чем образовавшихся путем замещения. В отличие от нерудных, рудные минералы (пирит, галенит, сфалерит и др.) обычно мелкие независимо от условий их нахождения. Однако в крупных карбонат-баритовых прожилках нередко встречаются крупные вкрапленники, иногда мелкие гнездообразные скопления рудных минералов.

На генезис Миргалимсайского месторождения до сего времени нет единой точки зрения. По мнению одних исследователей оно является гидротермальным (телетермальным), наложенным на уже сформировавшиеся породы. Приуроченность промышленного оруденения к одному горизонту объясняется его благоприятными для проникновения растворов и метасоматического замещения текстурно-структурными (развитие ленточных и плитчатых текстур и псевдооолитовых структур) и физическими (развитие значительной трещиноватости) свойствами. Указывается также на положительную роль экрана, которым служил средний комковатый (перекрывающий рудный — второй ленточный) горизонт, сложенный известняками со значительной примесью глинистого вещества.

Другие исследователи (А. А. Куденко, Е. С. Зорин и др., 1969 г.; С. Е. Колтухина, 1960 г.) считают месторождение седиментационно-диагенетическим с проявлением катагенетических процессов. Об этом говорит довольно простой и однообразный минеральный состав руд (доломит, кальцит, барит, кварц, глинисто-органическое вещество и рудные минералы — галенит, сфалерит и пирит, количество которых изменчиво в пространстве). Установлена зависимость между содержаниями рудных и породообразующих элементов, а также обобщенная зависимость между химическим составом вмещающих пород и содержанием в них свинца, цинка и бария, отражающая изменение условий седиментогенеза рудного горизонта. С. Е. Колтухина подчеркивала, что доломитизация и баритизация на Миргалимсайском месторождении являются седиментационно-диагенетическими процессами, о чем свидетельствуют находки обломочного барита, который совместно с обломками доломита залегает в слоях выше баритовых линз, но в пределах той же пачки. Барит также найден в слоях, характеризующих обычные межпластовые размывы, и это показывает, что баритовые тела были сформированы раньше диагенеза осадков. Многими исследователями отмечается, что сульфиды железа, свинца, цинка тесно связаны с доломитизацией и баритизацией. Это подтверждается структурами взаимного прорастания барита и галенита, а также выделениями пирита, галенита и сфалерита в конкрециях и доло-

митовых оолитах совместно с карбонатами железа и марганца.

Значительное распространение галенита, сфалерита, пирита и барита в жилах и послойных кальцитовых и доломитовых прожилках, по мнению А. А. Куденко, Е. С. Зорина и др. (1969 г.), не может служить доказательством гидротермального (с привносом) происхождения рудных элементов. Эти оруденелые жилы и прожилки, по их мнению, образовались на стадиях позднего диагенеза и послелитификационного развития породы и являются результатом перераспределения вещества в рудном горизонте. Доказательством этому служит также и то, что секущие жилы часто не выходят за пределы рудного горизонта или вне его оказываются безрудными. Наиболее богатое оруденение в прожилках (крупные гнезда или скопления рудных минералов и барита) приурочено к участкам с богатым послойно вкрапленным оруденением. Отмечается также, что наиболее сильно нарушенные участки в ленточных пачках обычно окаймляются рудными минералами.

Уч-Кулачское месторождение находится в Западном Узбекистане и приурочено к Ханбандытауской антиклинали, осложненной продольными и поперечными складками более мелких порядков, а также многочисленными продольными и секущими ее разрывными нарушениями, сопровождающимися перемещениями пород в вертикальном и в горизонтальном направлениях.

В геологическом строении месторождения участвуют карбонатно-терригенные отложения карбона и карбонатные отложения девона, несогласно залегающие на нижнедевонских эффузивах. Интрузивные образования в районе развиты слабо; выявлен лишь небольшой шток габбро и единичные дайки лампрофиров, лампрофир-диабазов, сиенит-аплитов и альбитофиров.

Месторождение состоит из двух участков — Центрального и Дальнего. Между ними находится участок Промежуточный с бедным оруденением. Площадь Центрального участка 2 км<sup>2</sup>, длина 4,2 км, участка Дальнего соответственно 1,45 км<sup>2</sup> и 1,5 км.

Промышленные руды связаны с отложениями девона, представленными конгломератами, гравелитами и песчаниками, доломитизированными известняками и грубообломочными алевролитами, аргиллитами и конгломерато-брекчиями нижнеучкулачской, верхнеучкулачской, ментской и устькурусайской свит. Большая часть руд концентрируется в известняках верхнеучкулачской свиты. Главными рудоконтролирующими структурами являются Северный и Южный Уч-Кулачские разломы общего складчатого (северо-западного) простирания, сопровождаемые многочисленными оперяющими их нарушениями, а также разломами северо-восточного и северо-западного направлений. Границы рудных тел устанавливаются по опробованию, так как руда постепенно переходит во вмещающие породы.

На участке Дальнем выделено три рудных тела, а на Центральном — шесть. Длина рудных тел на участке Дальнем 100—700 м. Среднее содержание барита 10,95%.

На участке Центральном рудные тела характеризуются слож-

ной формой, малой мощностью и прерывистостью, они сопровождаются многочисленными апофизами, мелкими линзами и гнездами. Длина рудных тел 100—400 м, мощность колеблется от 5 до 30 м, по падению прослежены на 70—500 м. Среднее содержание барита от 5,65 до 14,96%,

Руды месторождения являются барит-полиметаллическими и представлены оруденелыми тонкозернистыми доломитизированными известняками. Главными минералами являются галенит, сфалерит, пирит, марказит и лимонит, второстепенными — халькопирит, мельниковит, церуссит, смитсонит; из нерудных минералов наиболее распространены барит, кальцит, доломит, реже флюорит, кварц, халцедон, анкерит (табл. 13). В центральной части рудных тел локализуются свинцовые руды, на периферии — обычно пиритовые и сфалеритовые. По текстурно-структурным особенностям преобладают руды вкрапленные и прожилково-вкрапленные, реже фиксируются брекчевидные и массивные. Основными полезными компонентами руд являются свинец, цинк и барит, из попутных таллий, кадмий, германий, галлий, висмут, молибден, ртуть, теллур, селен, индий, серебро, мышьяк и сурьма.

Таблица 13

Минеральный состав рудных тел Уч-Кулачского месторождения

Распространенность минералов	Рудные		Жильные	Измененных зон	Породообразующие
	Диagenетические и гипогенные	Гипергенные			
Главные	Барит Галенит Сфалерит Пирит Марказит	Гидрогётит (лимонит)	Барит Кальцит Доломит	Барит	Доломит Кальцит Кварц
Второстепенные	Халькопирит Мельниковит-пирит Мельниковит-марказит	Церуссит Смитсонит Каламин Гётит Гипс Псиломелан-вад	Флюорит Кварц Халцедон Анкерит	Гётит Серицит Альбит Флюорит	
Редкие	Борнит Халькозин Ковеллин Теннантит	Вульфенит Плюмбоярозит Англезит Коронадит Платтнерит Маланит Галлуазит Гидроцинкит Госларит	Антроксолит	Гематит Мушкетовит	

Барит, наряду с галенитом и сфалеритом, является промышленным компонентом в контуре свинцово-цинковых руд. Наиболее богатая минерализация продуктивных горизонтов девонских карбонатных толщ приурочивается к обособленным лагунам и иловым впадинам.

На месторождении выделяются две разновидности барита. Так называемая рудная разновидность обычно встречается с галенитом, сфалеритом и другими рудными минералами и вторая — порудная — в составе баритовых жил.

Часто встречающиеся минералы с учетом их относительной распространенности перечислены в табл. 13.

Наиболее ранней стадией минералообразования в пределах рудного района является диагенетическая, во время которой появилась преимущественно рассеянная рудная минерализация в низах трансгрессивной серии девонских отложений (в нижне- и верхнеучулачской, ментской и устькурусайской свитах). Эту стадию представляют в основном дисперсные формы рудных и жильных минералов, определяющие в названных свитах повышенные содержания свинца, цинка, бария. При особо благоприятных условиях минералы диагенетической стадии образуют видимые выделения. Так, крупные вкрапления галенита наблюдаются в седиментационных брекчиях ментской свиты на Дальнем участке, там же в устькурусайской свите встречены послонные выделения колломорфного пирита, реже сфалерита.

Следующая ассоциация (доломит, кальцит, углистое вещество) обусловлена проявлением прерудной стадии гипогенного минералообразования — магнезильного метасоматоза, когда карбонатные породы подверглись неравномерной, местами интенсивной доломитизации. Еще более поздней является барит-сульфидная ассоциация. Минералы ее слагают основную массу руд. Главными нерудными минералами в ней являются барит, второстепенными — флюорит, кальцит и др., а рудными — галенит и сфалерит, с которыми ассоциируют пирит, марказит, мельниквит, халькопирит, борнит и др. Сульфиды и особенно дисульфиды железа в данной ассоциации обладают колломорфной структурой, а бариты издают при ударе запах сероводорода. В ходе образования минералов этой стадии имели место неоднократные внутриминерализационные подвижки, что способствовало появлению нескольких разновидностей главных минералов.

Завершила рудообразование кальцит-сульфидная ассоциация (кальцит, жильный доломит, анкерит, кварц, прожилковые сульфиды), в которой преобладает кальцит, образует жилки с редкими вкраплениями сульфидов. По ряду признаков кальцитовые жилки с сульфидами напоминают типичные жилки альпийского типа.

Околорудные изменения на месторождении проявлены в основном в виде доломитизации и баритизации. Менее распространены процессы окварцевания, флюоритизации, хлоритизации и серицитизации. Среди доломитов установлены первичноосадочные и гидротермальные разности. Гидротермальные доломиты, как правило,

приурочены к зонам разломов. Доломитизация характерна для всех промышленных рудных тел; она является как бы внешней их оболочкой. Контуры зон баритизации обычно совпадают с доломитизацией и зонами свинцово-цинкового оруденения. Этот процесс также непосредственно связан с рудоотложением. Доломитизация и баритизация являются прямыми поисковыми признаками рудных тел.

На генезис руд Уч-Кулачского месторождения имеется две точки зрения. Одни исследователи (П. Н. Подкопаев, Г. М. Чеботарев и др.) считают его типичным гидротермальным, связанным с каким-то магматическим очагом, другие (М. И. Моисеев, Е. К. Тепикин, М. Д. Троянов и др.) — осадочным с последующим перераспределением минералов и образованием промышленных рудных тел в процессе метаморфизма.

Рудоносные участки месторождения формировались в прибрежно-морских условиях (заливах, лагунах) эпиконтинентального бассейна. Вблизи берегов накапливались песчаные осадки, вглубь постепенно сменявшиеся песчанистыми известковыми илами, а затем глинистыми кальцитовыми и доломитовыми илами. В удаленной от берега полосе карбонатные породы обогащались дисперсно рассеянным веществом, в котором главная роль принадлежала свинцу, цинку и барию.

По всем признакам Уч-Кулачское месторождение является осадочным (седиментационно-катагенетическим); формирование его началось в геосинклинальном трюге без существенного влияния эндогенных процессов. Источником рудного вещества служили осадочные и вулканогенно-осадочные породы области сноса. Диагенетическое преобразование рудоносных осадков выразилось в появлении конкреционных образований, сегрегации сульфатов свинца, цинка, барита и других минералов, приуроченных к прослоям, обогащенным органическими остатками, с развитием псевдоморфоз рудных минералов по створкам и ядрам раковин, а также в обогащении рудным веществом цемента брекчий.

Катагенез рудоносных пород на месторождении выразился в перекристаллизации сульфидов с развитием секущих прожилков, регенерации сульфидов, образовании залежей и жил, зальбанды которых обогащены сульфидами.

В пользу первоначально осадочного происхождения руд свидетельствует также изотопный состав рудного свинца, который имеет существенно более древний возраст, чем вмещающие его породы. Источником свинца, цинка, барита и других полезных ископаемых служили разрушающиеся породы в области сноса.

Месторождение Халлилимонлу находится в Турции вблизи г. Газиназа, в тектонической зоне Алания-Анамур. Представлено оно тремя стратиформными метасоматического характера рудными телами, расположенными между известняками и сланцами. Протяженность рудных тел до 150 м, мощность до 10 м. Сложены они преимущественно баритом с небольшим количеством сфалерита, смитсонита, галенита и кварца. Последовательность

образования минералов следующая: барит — сфалерит — галенит. Химический состав рудных тел:  $\text{BaO}$  59,55%;  $\text{SO}_3$  31,05%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,8%;  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$  0,52%;  $\text{CaO}$  0,12%;  $\text{SiO}_2$  8,53%. Запасы  $\text{BaSO}_4$  на месторождении 17 тыс. т. Месторождение отнесено к осадочно-вулканогенному типу.

Месторождения штатов Арканзас и Невада в США. Осадочно-вулканогенные барит-полиметаллические месторождения в США распространены весьма широко. Встречаются они почти исключительно в породах верхнего протерозоя, хотя в штате Невада имеются месторождения этого типа ордовикского возраста, представленные конгломератами, песчаниками, известняками и сланцами. Баритсодержащие пласты мощностью до 3,5 м имеют резкие контакты с вмещающими породами, в которых барит находится в меньших количествах или отсутствует. Мощность обогащенных баритом зон 70 м, длина 1 км, ширина 0,5 км. Барит этих месторождений обычно мелкозернистый, сопровождается кварцем, пиритом, доломитом, кальцитом, сидеритом, витеритом, стронционитом и глинистыми минералами. Содержание  $\text{BaSO}_4$  в руде до 90%. Промышленными считаются руды с содержанием  $\text{BaSO}_4$  от 30% и выше.

Образовались месторождения этого типа, по трактовке американских геологов, в результате отложения барита вместе с осадками из морской воды или путем переотложения из водных растворов с замещением первичных пород.

Месторождение Барега в Италии находится на о. Сардиния, к югу от долины Иглезас. Оно является одним из крупнейших в стране и считается первоначально осадочным с последующим преобразованием гидротермально-метасоматическим путем. Рудные тела месторождения имеют пластообразную, жильную и неправильную форму. Залегают в известково-доломитовом комплексе пород кембрийского возраста.

Район месторождения характеризуется сильно развитой системой сбросов меридионального направления, почти всегда сопровождаемых рудной минерализацией. Кроме барита промышленное значение имеет галенит.

Устанавливается два типа баритовой минерализации. Барит первого типа массивный, хрупкий, молочно-белого цвета, содержащий  $\text{BaSO}_4$  99,41%,  $\text{SiO}_2$  0,07%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,08% и  $\text{CaO}$  0,06%. Барит второго типа имеет пластинчатую форму, стекловидный, очень компактный. Он наблюдается в поверхностных условиях, иногда имеет сталактитовую структуру. Происхождение его считается эпигенетическим или супергенным.

#### КЛАСС ОСАДОЧНЫХ БАРИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Месторождения этого класса весьма широко распространены. Многими исследователями (Ф. В. Чухров, 1937 г.; Е. И. Соболева, 1951 г.; Е. П. Соколов, 1961 г.; Л. О. Станкевич, 1963 г.; Э. Дегенс,

1967 г.; Э. Д. Гольдберг, 1963 г.; и др.) убедительно доказывается возможность образования баритовых месторождений в условиях осадочного литогенеза. Так, Э. Дегенс указывает, что океаническая вода хотя несколько недонасыщена барием (содержание его 10—70 мг/л), все же в благоприятных условиях (вокруг разлагающихся органических веществ) происходит его осаждение.

Исследования распределения бария в морских осадках и в толще океанической воды показали, что концентрация бария в пелагических осадках, подстилающих биологические продуктивные площади океана, достаточно высокая. Установлено также, что в морских бассейнах с глубиной концентрации бария увеличивается. Предполагается возможность переноса бария организмами из поверхностных в более глубокие воды, а окисление органических фаз может привести к осаждению сульфата бария на дне моря или вблизи него. Скорость накопления бария в осадках должна отражать интенсивность биологической деятельности в вышележащих водах (Г. Д. Гольдберг, 1963 г.).

В. В. Щербина (1956 г.), рассматривая химизм процессов минералообразования в осадочных породах, приводит ряд последовательности выпадения в осадки различных элементов в зависимости от условий среды. Наиболее благоприятными для накопления бария в осадочном процессе являются условия осаждения карбонатов кальция и магния. Эти же условия благоприятны для накопления стронция, кадмия, свинца и цинка.

В работе К. Туркяна (1968 г.) приводятся сведения о накоплении бария, кобальта и серебра в осадках района Среднего Атлантического хребта. Эти осадки, характеризующиеся достаточно высокими концентрациями кобальта и бария, отвечают зоне с наименьшей скоростью отложения глин для всего Атлантического океана; они накапливались, по радиоуглеродным данным, в течение последних 30 тыс. лет. Интенсивность накопления бария, кобальта и серебра в них соответственно составляет 510, 12 и 0,098 мг/см<sup>2</sup> за 1000 лет, а скорость их привноса реками в растворенном виде 160, 45 и 3,8 мг/см<sup>2</sup> за 1000 лет. Учитывая, что значительная часть бария и кобальта переносится реками в виде суспензии, а также микроорганизмами, следует заключить, что накопление бария, кобальта и серебра в осадках Атлантического океана лучше всего объясняет их вынос из пород разрушающихся континентов, без привлечения механизма подводной вулканической деятельности.

Из краткого литературного обзора следует, что накопление бария в осадочном процессе не только возможно, но и является широко распространенным явлением.

В классе осадочных баритовых месторождений в настоящее время выделяется две их группы: осадочно-метаморфизованные месторождения, которые формировались в платформенных чехлах и в геосинклинальных толщах преимущественно в прибрежно-морских условиях, и осадочные слабо метаморфизованные, которые формировались в озерных и прибрежно-морских условиях

преимущественно в молодых наложенных мезозойских и кайнозойских прогибах.

Типичными осадочно-метаморфизованными баритовыми месторождениями являются Чиганакское в Казахстане, Пальникское в Коми АССР и некоторые месторождения штатов Арканзас и Невада в США.

Представителями осадочных слабо метаморфизованных месторождений являются Южно-Мангышлакское барит-целестиновое и ряд баритовых проявлений на Северном Кавказе, в районе Тимана, Тургая, Южной Ферганы и Южного Таджикистана.

Чиганакское баритовое месторождение расположено в Сарытумской тектонической зоне юго-восточной части Бурунтауского антиклинория. Залегает оно в отложениях верхнего кембрия.

В рудовмещающей толще развиты яшмы, яшмо-кварциты, глинисто-кремнистые сланцы, полимиктовые песчаники, линзы баритов и песчанистых фосфоритов, которые по возрасту относятся к бурбайтальской свите верхнего кембрия. Породы смяты в узкие линейные складки северо-западного простирания ( $290-300^\circ$ ) с углами падения крыльев  $65-80^\circ$ . Разрывная тектоника выражена нарушениями субмеридионального направления, по которым отмечены малоамплитудные (10—20 м) смещения.

На месторождении выделяются пластовые баритовые залежи, тяготеющие к контакту кремнистых яшмовидных пород и глинисто-кремнисто-углистых сланцев. Иногда среди сланцевого разреза выделяются маломощные прослои туфопесчаников и туфов. Контакт баритов со сланцами четкий, близкий к согласному. С яшмами бариты переслаиваются, наблюдаются своеобразные яшмобариты, представляющие собой породу с тонким переслаиванием халцедоновидных и баритовых слоев.

Яшмы выделяются светло-серой, буровато-коричневой до сургучно-красной окраской и слоистой текстурой, обусловленной чередованием полос гематитового и глинистого материала. Структура породы органогенная. Она состоит из многочисленных реликтов радиолярий округлой формы размером до 0,2 мм, сложенных тонковолокнистым и крупнозернистым халцедоном. Иногда радиолярии замещены фосфатным веществом и глауконитом. Промежутки между скелетными формами выполнены халцедоном, небольшим количеством хлорита, серицита и гематита. Порода разбита трещинами, выполненными микрозернистым кварцем.

Баритовое оруденение в пределах месторождения на поверхности прослежено на протяжении 2000 м. С запада на восток разведочными работами в баритоносной полосе оконтурены три залежи.

Залежь 1 по простиранию прослежена канавами на 800 м и подсечена скважинами. Средняя мощность ее 10,72 м, среднее содержание  $BaSO_4$  в руде 83,56%.

Залежь 2 имеет протяженность 370 м; по трем разведочным профилям скважин обнаруживает крутое северо-восточное паде-

ние, по которому прослежена на глубину более чем 250 м. Средняя мощность залежи 18,5 м, среднее содержание  $BaSO_4$  в руде 69,64%.

Залежь 3 протягивается на 480 м; в трех профилях подсечена скважинами на глубину около 100 м. Средняя мощность ее 8,2 м, среднее содержание  $BaSO_4$  60,92%.

Барит серого или светло-серого цвета, по внешнему виду похож на вмещающие кремнистые породы. Макроскопически баритовая руда состоит из прослоев крупно- и мелкокристаллического барита. Размер зерен крупнозернистого барита до 6 мм и более, мелкокристаллического — от 0,05 до 1 мм. В промежутке между зернами барита иногда отмечаются кристаллы пирита. В качестве постоянных примесей в баритах присутствует стронций (содержание  $SrO$  0,2—0,3%). Спектральным анализом в баритах установлены: свинец до 0,003%, цинк до 0,002%, кобальт до 0,0005%, медь до 0,008%, ванадий до 0,0008%, молибден до 0,0005% и марганец до 2%. Бариты месторождения практически являются мономинеральными.

Минералогическими и технологическими исследованиями на месторождении установлено два типа руды: существенно баритовые с содержанием  $BaSO_4$  более 90% и кремнисто-баритовые с содержанием  $BaSO_4$  от 70 до 90%.

В рудах без обогащения можно выделить все сорта барита. Содержание  $Fe_2O_3$  в рядовых пробах колеблется от 0,25 до 1,6%, среднее 0,65%, содержание  $SiO_2$  изменяется в более широких пределах — от 1,5 до 38%, что объясняется переслаиванием баритов с кремнистыми породами. Содержание  $BaSO_4$  с глубиной, как правило, уменьшается на 5—10%.

В непосредственном контакте с баритом, иногда внутри его находятся своеобразные песчанистые фосфориты, микроскопически похожие на полимиктовые гравелитистые песчаники. Размер фосфатных «песчинок» от 0,2 до 1—1,2 мм. Внутреннее строение их однородное — аморфное или мелкокристаллическое. Иногда наблюдается перекристаллизация аморфного фосфата в прозрачный мелкокристаллический агрегат апатита. Содержание  $P_2O_5$  в пласте колеблется от 4,12 до 11,9%, среднее 8,45%. Кроме фосфатных «песчинок» в породе установлены единичные обломки кремнистой породы и порфиринов. В фосфоритах спектральным анализом зафиксированы содержания иттрия до 0,06%, иттербия до 0,01%, ванадия до 0,03% и молибдена до 0,0005%. В пределах месторождения во вмещающих сланцевых породах выделены локальные комплексные ореолы свинца до 0,005%, цинка до 0,015%, меди до 0,01%, никеля и других элементов.

Чиганакское баритовое месторождение не исчерпало своих перспектив. Баритоносная пачка яшмо-кварцитов прослеживается на восток от месторождения более чем на 20 км. В этой зоне кроме баритового оруденения имеются фосфорсодержащие породы, увеличивающие ее перспективность. Для проведения дальнейших

поисковых работ на барит необходимо опосредовать площадь развития продуктивной пачки вдоль Сарытумской тектонической зоны к востоку и западу от месторождения.

## КЛАСС ГИПЕРГЕННЫХ БАРИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Баритовые месторождения этого класса по характеру процессов континентального литогенеза можно подразделить на две группы: 1) месторождения зоны окисления и остаточные (инфильтрационные) и 2) элювиальные и делювиальные россыпи.

Класс гипергенных месторождений в промышленном отношении представляет значительный интерес, так как добыча и обогащение руд являются более простыми. Обычно руды этих месторождений используются в промышленности при весьма низких содержаниях барита — 15—20% и ниже.

Под остаточными месторождениями следует понимать элювиальные покровы над баритовыми месторождениями любых типов, обогащенные баритом путем инфильтрации, обычно в среде баритизированных карбонатных пород. Типичными представителями месторождений барита в зоне окисления являются железные шляпы колчеданных барит-полиметаллических месторождений: Кварцитовая Сопка в Салаирском кряже и Салланлатвинское барит-карбонатитовое месторождение в Мурманской области.

На месторождении Кварцитовая Сопка несколько ниже зоны окисления («железной шляпы») на глубине 100—170 м следует зона выщелачивания колчеданно-баритовых руд с образованием кварц-баритовой и баритовой сыпучки, ниже постепенно переходящей в первичные колчеданно-баритовые руды. Запасы легко обогатимой кварц-баритовой сыпучки на месторождении значительные. Богатые сульфидно-баритовые руды в зоне окисления превращены в баритовую сыпучку, а бедные сульфидно-баритовые руды остаются слабопористыми и светлоокрашенными. Наиболее устойчивыми в зоне окисления оказались существенно кварцевые руды, в которых кварц и барит окрашены лимонитом в буро-коричневый цвет.

Основными минералами руд зоны окисления являются кварц, барит и гидроокислы железа. По структурным особенностям руды разделяются на сливные и прожилково-вкрапленные, по составу — на кварц-баритовые и барит-кварцевые. При бортовом содержании  $\text{BaSO}_4$  25% оконтурено три рудных тела с весьма крупными запасами барита.

Барит в окисленных рудах присутствует в виде мелкозернистых (0,5—1,5 мм), иногда среднезернистых агрегатов и в виде отдельных зерен размером 1—2 мм. Цвет обычно белый, реже буроватый или светло-серый. Крупные зерна имеют призматическую или таблитчатую форму.

Зона окисления барит-карбонатитового Салланлатвинского месторождения представляет собой типичную кору выветривания в карбонатах. Она разделяется на две под-

зоны: верхнюю, состоящую из глинистых охр, и нижнюю — из дезинтегрированной барит-карбонатной сыпучки. Зона окисления, так же как и само Салланлатвинское карбонатит-баритовое месторождение, изучена слабо, и по имеющимся о ней сведениям, несомненно, представляет практический интерес.

Салланлатвинский карбонатитовый массив залегает в толще протерозойских метадиабазов и представляет собой концентрически-зональную интрузию площадью около 9 км<sup>2</sup>. В массиве выделяются три зоны: периферическая мельтейгитовая, внутренняя уртит-ийолитовая и центральная, сложенная карбонатитами — более молодыми образованиями массива. Карбонатиты слагают «ядро» площадью 0,6×0,9 км, а также встречаются в зоне развития ийолитов в виде секущих жил кальцитового и доломит-сидеритового состава.

Основная площадь карбонатитового тела сложена доломит-сидеритовыми карбонатитами, которые на поверхности сильно изменены и представлены буро-коричневой пористой породой. По данным И. М. Архангельской (1968 г.), измененная часть карбонатитов («железная шляпа») имеет мощность более 5 м. На отдельных участках в «железной шляпе» встречаются линзовидные скопления барита с содержанием BaSO<sub>4</sub> от 10 до 18%.

Запасы барита в разведанной части зоны окисления оцениваются в 317 тыс. т; они могут быть увеличены до 600—700 тыс. т. Кроме того, в пределах «железной шляпы» отмечаются скопления пигмента, пригодного для получения минеральных красок коричневых тонов. Запасы пигмента по категории С<sub>2</sub> на площади 47,4 тыс. м<sup>2</sup> и на глубину до 5 м оцениваются в 190 тыс. т.

Остаточные месторождения барита встречаются в коре выветривания баритсодержащих карбонатных пород. Одни исследователи считают, что они образовались в основном инфильтрационным путем, другие полагают, что в результате физико-химического выветривания стратиформных баритовых месторождений. Типичными представителями остаточных (инфильтрационных) месторождений являются Медведевское на Южном Урале и некоторые месторождения штатов Джорджия, Миссури и Теннесси в США.

Медведевское баритовое месторождение расположено на Южном Урале в зоне верхнепротерозойских отложений, в северо-восточной части Саткинского-Златоустовского района. Месторождение открыто в 1826 г. и вначале эксплуатировалось на бурый железняк. С 1926 г. оно стало разрабатываться на барит. Наибольшая добыча (около 15 тыс. т барита) кускового гравитационного барита была достигнута в 1934 г.

Коренными породами в районе месторождения являются глинистые сланцы и песчаники силурийского возраста, имеющие северо-восточное (20—45°) простирание и падающие на юго-восток под углом 38—60°. Эти породы местами прорываются дайками зеленокаменных пород (диабазов и амфиболитов), местами переслаиваются с ними. Толща метаморфических пород, вмещающая баритовое месторождение, на поверхности перекрывается корой

выветривания кварц-карбонатных, слюдисто-карбонатных и хлоритизированных сланцев.

Месторождение барита до глубины 10—20 м представляет собой делювиальную и элювиальную россыпи, а ниже до глубины 120 м — зону окисления. На более значительных глубинах в коренных сильно пиритизированных метаморфических сланцах рудное тело не выделяется.

Состоит месторождение из трех частей: Главной залежи (в коренном залегании) и Северо-Западной и Восточной, представленных элювиально-делювиальными россыпями.

Главная залежь представляет собой пластообразное тело, прослеженное в глинистых сланцах силура по простиранию на 2,55 км и по падению более чем на 100 м. Мощность ее у поверхности от 4 до 8,5 м; к южному и северному концам она постепенно убывает, а на глубине около 80 м в северной части возрастает до 11 м.

Простирание рудного тела северо-восточное 20—45°, угол падения у поверхности на юго-восток под углом 47°, на глубине до 40°. Выклинивание рудного тела не установлено. В северном направлении и по падению содержание барита в руде постепенно убывает до непромышленного.

В зоне окисления рудное тело залегает в коричневатобурой, рыхлой, иногда несколько сланцеватой глине. Барит слагает линзы и желваки до 0,5 т массой. Значительная его часть представляет собой мельчайшие кристаллики величиной в доли миллиметра. В составе вмещающей породы отмечаются в основном кварц и бурый железняк — результат окисления серного колчедана. Кроме того, установлена примесь целестина (в среднем до 1,5%). Содержание  $BaSO_4$  в руде колеблется от 20 до 40% и более. Средний химический состав руды:  $BaSO_4$  33,34—34,6%;  $Fe_2O_3$  8,65—10,69%;  $SrSO_4$  0,76—1,5%;  $CaCO_3$  1,19%;  $MnCO_3$  0,21%. Выход барита из рудной массы 13,29—23,42%.

Северо-Западная россыпь залегает в элювиальных красных глинах в 3—6 м от поверхности. Мощность ее до 6 м, площадь распространения с промышленными запасами барита 47 300 м<sup>2</sup>. К периферии россыпь обедняется, а затем и выклинивается. Содержание  $BaSO_4$  в среднем составляет 12%.

Восточная россыпь расположена к юго-востоку от южной части Главной залежи. Длина ее 650 м, ширина 200 м, мощность колеблется от 0,25 до 4,5 м. Содержание  $BaSO_4$  меньше, чем в Северо-Западной россыпи.

По минеральному составу руда Медведевского месторождения в Главной залежи представлена в основном баритом, гётитом, пиритом, кварцем и глинистым материалом. Барит кристаллический, прозрачный, голубого и желтоватого цвета. Линзы и желваки барита в большинстве случаев имеют бурожелезняковую рубашку, иногда прорастают бурым железняком, в котором сохраняются псевдоморфозы по пириту. Бурый железняк встречается также в глине, где барита нет, и в нем всегда сохраняются псевдоморфозы

по пириту, иногда выполненные серой. На выходе баритовой залежи на дневную поверхность барит чаще отмечается в виде маломощных прожилков и гнезд в глыбах лимонитизированного бурого железняка. Барит и в этом случае почти всегда кристаллический, голубого или желтовато-бурого цвета. Желтоватый цвет барит приобретает в основном от окраски гидроокислами железа, что наиболее характерно в участках значительного ожелезнения.

Желваки сложены из отдельных, плотно прилегающих друг к другу зерен барита размером от 0,01 до 2,5 мм. Барит часто ассоциирует с гётитом, в меньшей мере с кварцем и глинистым материалом. Гётит в баритовой руде имеет натечную и почковидную форму выделений с тонким радиально- и параллельно-волокнистым строением. Редко встречается в виде оолитов и бобовин. Цвет гётита темно-бурый. Содержание его в руде от 10 до 50%; размер зерен изменяется от 0,075 до 1,0 мм.

Кварц является обычной примесью в баритовой руде, встречается он в виде незначительных по мощности прожилков или галек и обломков, которые в разных количествах присутствуют в «жильной» глине, вмещающей барит.

В элювиально-делювиальных россыпях барит встречается в бурожелезняковой рубашке в сростках с кварцем. Вмещающая его глина отличается от «жильной» глины Главной залежи малопесчаностью, что и объясняет ее пластичные свойства.

По запасам Медведевское месторождение является крупным, хотя проведенные на нем разведочные работы нельзя признать удовлетворительными. Руда месторождения по данным эксплуатации, проводившейся в 30-х годах, легко обогатима, так как песчано-глинистая масса, содержащая обломки кускового барита, легко удаляется простейшими методами обогащения, а с помощью флотации можно получить баритовый концентрат с содержанием  $BaSO_4$  не менее 98%.

Поисково-разведочными работами в районе Медведевского месторождения в 1955 г. было установлено, что перспективы его разведанными запасами не исчерпываются, предполагаются аналогичные баритовые залежи по простиранию рудной зоны, в пределах толщи верхнего протерозоя. Не исключена возможность также увеличения на глубине содержания сульфидов. В частности, на месторождении одной скважиной (№ 29) на глубине 200 м были вскрыты породы, обогащенные галенитом и сфалеритом.

По данным В. П. Казанцева (1935 г.), образование Медведевского месторождения обязано циркуляции и смешению ювенильных (восходящих) и вадозных (нисходящих) вод и протекало минимум в два этапа. Первый этап характеризовался образованием вкрапленного пирита. Во второй этап восходящие растворы содержали хлориды бария, стронция и кальция, которые реагировали с серной кислотой нисходящих метеорных вод и отлагали барит с изоморфными примесями стронция и кальция. Кварц, так же как и пирит, выделялся в первый гидротермальный этап. Об этом свидетельствует наличие зерен и обломков кварца в кристаллах ба-

рита. Однако фиксируется и более поздний кварц, выделявшийся одновременно и частично после барита.

В остаточных месторождениях барита штатов Миссури и Теннесси заключено около 45% разведанных запасов США. Образовались эти месторождения в результате выветривания первичных стратиформных осадочных и осадочно-вулканогенных месторождений барита. Руда представляет собой рыхлую массу, заключающую мелкие зерна барита, пирита, галенита и сфалерита. В некоторых случаях размеры зерен барита достигают 1,5 см. Содержание  $BaSO_4$  в руде колеблется от 12 до 20%, иногда до 50%. Некоторые месторождения имеют мощность в несколько сот метров, повторяя на поверхности форму первичных рудных тел. В частности, большинство месторождений штата Миссури образовалось в результате выветривания баритсодержащих доломитов серий Потоси и Элинойс кембрийского возраста.

Барит в остаточных месторождениях штата Миссури залегают в виде прослоев, разделенных глинами. В основной массе руды содержание  $BaSO_4$  около 10%, на обогащенных участках 20—25%. В 1969—1970 гг. из этих месторождений добывалось примерно 33% барита от всей добычи в США.

**Собственно элювиальные и делювиальные россыпи барита**, образовавшиеся в результате физико-химического выветривания коренных месторождений барита, широко распространены, но обычно не образуют крупных промышленных скоплений. В Советском Союзе некоторый промышленный интерес могут представлять элювиально-делювиальные россыпи барита на Медведевском, Южно-Кузнецихинском (Урал) и Джалаирском (Центральный Казахстан) месторождениях.

Обычно элювиальные и делювиальные россыпи в литологическом отношении представляют собой толщи глин и суглинков, содержащие обломки вмещающих пород и мономинерального барита или же глыбы и куски баритовой руды с характерной для коренных месторождений минеральной ассоциацией.

## ТЕХНОГЕННЫЕ БАРИТОВЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ

В связи с тем что современный уровень добычи барита и производство баритовой продукции из природных баритовых месторождений не обеспечивают потребности народного хозяйства, усилились исследования техногенных его концентраций, а также работы по созданию заменителей барита в различных отраслях его применения.

К техногенным концентрациям, созданным промышленной деятельностью человека, могут быть отнесены: хвосты обогатительных фабрик, скопившиеся в разных странах в результате отработки комплексных (колчеданных, полиметаллических) месторождений, продукты регенерации барита из глинистых буровых растворов и искусственные заменители барита.

Эфельные отвалы обогатительных фабрик, содержащие барит в промышленных концентрациях, известны на Салаирском прииске (СССР), на руднике Минерал-Кинг (США) и руднике Джайент (Канада).

Эфельные отвалы Салаирского прииска образовались в результате отработки барит-полиметаллических месторождений Урской группы, из руд которых барит не извлекался, т. е. хвостовые продукты обогатительной фабрики частично складировались, частично сбрасывались в долины рек и логов. В 1969 г. они были разведаны скважинами «Эмпайр» по сетке  $40 \times 20$  м и в них определены запасы барита в 715 тыс. т по категориям В+С<sub>1</sub>. По запасам барита в эфельных отвалах это месторождение является средним. При подсчете запасов принято бортовое содержание  $\text{BaSO}_4$  10%, а минимально промышленное 30%. Контурами подсчета запасов явились естественные границы отвалов. В настоящее время отвалы Салаирского прииска перерабатываются с целью извлечения барита.

Получению баритового концентрата из эфельных отвалов предшествует пиритовая флотация, позволяющая получать сульфидный концентрат с содержанием серы до 40%. В полученном баритовом концентрате методом флотации содержание  $\text{BaSO}_4$  составляет 95—97%, кварца 0,36—1,3%, железа 0,39—0,43%; извлечение барита в концентрат 94%; выход баритового концентрата 41—45%. Плотность баритового концентрата 4,3 г/см<sup>3</sup>. Баритовый концентрат удовлетворяет запросам химической промышленности.

Регенерация барита из буровых растворов в незначительных объемах производится только в США; в СССР этот вопрос изучается.

Искусственные заменители барита давно используются в нефтяной и газовой промышленности, в которой барит как утяжелитель бурового раствора заменяется известняком, гематитом, магнетитом, галенитом и другими минералами. Созданный в ФРГ новый синтетический заменитель барита «Феробар», применяемый как утяжелитель при бурении нефтяных и газовых скважин, состоит из 85%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и 15% силикатов алюминия, цинка и кальция и имеет плотность 4,7 г/см<sup>3</sup>. «Феробар» получается специальной обработкой остатков (шлаков) пиритных руд при серном производстве. В качестве сырья использовались пиритные руды крупнейшего в ФРГ колчеданного месторождения Мегген.

### **Региональные и локальные особенности размещения баритовых месторождений в СССР**

Принципы и критерии выделения региональных (провинции, пояса, зоны) и локальных (рудные узлы, поля, месторождения) баритоносных площадей остаются не разработанными.

В настоящем разделе делается попытка восполнить этот пробел и наметить основные черты изменчивости масштабов баритового оруденения во времени, место баритовой минерализации

в месторождениях других полезных ископаемых, локализованных в геотектонических структурах земной коры разного стиля развития, рудоконтролирующие факторы баритового оруденения и основные закономерности его связи с процессами осадконакопления и магматизма.

Из изложенного фактического материала следует, что собственно баритовые и комплексные баритосодержащие рудопроявления характерны как для геосинклинальных, так и платформенных областей. При этом тектоно-магматическая активизация на платформах (древних и молодых), с которой связано баритовое оруденение, хотя и синхронна с развитием примыкающих геосинклинальных областей, но несколько отставала от собственно геосинклинальных этапов развития последних.

Характерной особенностью регионального размещения баритового оруденения является его пространственное совмещение, нередко и генетическая связь с другим эндогенным оруденением (колчеданным, полиметаллическим, редкометальным, ртутным, плавиковошпатовым и т. п.). Поэтому в основу региональных закономерностей размещения баритового оруденения могут быть положены общие принципы выделения металлогенических провинций, зон, рудных районов, учитывающие историко-геологические особенности и тектонический режим развития конкретных геологических районов и структур.

В локальном размещении баритового оруденения (рудные узлы, рудные поля и месторождения) учитываются прямые или косвенные факторы локализации его.

#### БАРИТОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ОБЛАСТЯХ ГЕОСИНКЛИНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

В геосинклинальных областях намечаются следующие баритоносные провинции: Южно-Уральская, Восточно-Карпатская, Кавказская, Тянь-Шаньская, Копетдагская, Центральнo-Казахстанская, Алтае-Саянская и Забайкальско-Приморская.

Степень изученности баритового оруденения в выделенных провинциях различная. В более или менее изученных провинциях выделяются зоны или рудные районы; слабо изученные провинции характеризуются только по однотипным баритовым месторождениям.

#### *Южно-Уральская провинция*

Геологическое развитие Южного Урала было полициклическим, вследствие этого образование баритовых месторождений происходило неоднократно, но наиболее важные их объекты связываются с каледонским и герцинским тектоно-магматическими циклами. Баритовые месторождения и рудопроявления (осадочного, вулканогенно-осадочного и гидротермального генезиса) на Урале встречаются среди кембро-ордовикских, силурийских, девонских и ниж-

некаменноугольных отложений. Следует также отметить, что на Южном Урале в связи с длительным континентальным режимом (от перми до кайнозоя) существовали благоприятные условия для образования месторождений барита гипергенного генезиса (остаточные и элювиально-делювиальные россыпи).

По особенностям геотектонического развития областей локализации и генезису баритовых месторождений Южно-Уральскую баритоносную провинцию можно подразделить на две баритоносные зоны: Башкирскую и Магнитогорскую.

**Башкирская баритоносная зона** (Западный склон Южного Урала) охватывает южную часть Башкирского мегантиклинория. В этой зоне преимущественно развиты баритовые месторождения и рудопроявления осадочного генезиса, расположенные в нескольких баритоносных районах: Авзянском (Бретьякское и Ирлинское месторождения), Бурзянском (Кужинское) и Зигазино-Комаровском. Баритоносные рудопроявления предположительно осадочного генезиса встречаются в зигазино-комаровской, авзянской и зильмердакской свитах рифея, располагающихся на крыльях Ямантауского антиклинория и в прилегающих к нему структурах южной части Башкирского мегасинклинория. Наиболее продуктивными на барит являются горизонты железистых доломитов в верхней части зигазино-комаровской и нижней части авзянской свит (средний рифей), а также песчаников, глинистых сланцев зильмердакской свиты (верхний рифей).

По минеральному составу баритовые руды Башкирской баритоносной зоны подразделяются на собственно баритовые и железо-баритовые. Мономинеральные баритовые руды на всех месторождениях локализуются среди песчаников, сланцев и железистых доломитов, в которых барит образует сплошные массы, линзы, гнезда, прожилки и вкрапления. Вместе с баритом присутствуют пирит и халькопирит. Железо-баритовые руды обычно расположены в верхних частях месторождений, залегающих в карбонатных и терригенно-карбонатных отложениях.

Геохимическими исследованиями особенностей баритов и баритвещающих отложений Башкирской баритоносной зоны установлен комплекс сопутствующих элементов, среди которых характерными являются марганец, стронций, медь, мышьяк, сурьма, свинец, цинк и серебро. Содержание этих элементов иногда превышает кларковые на 1—2 порядка, а для некоторых элементов (Ag, As) на 3—4 порядка. Эти же элементы находятся в повышенных количествах в рыхлых отложениях, почве и воде. Повышенные содержания марганца (до 0.15—0.3%) связаны с остаточным накоплением его в коре выветривания вместе с окислами железа.

В баритах постоянно присутствует стронций, но в относительно небольших количествах — от 0.48 до 1.55%, что характерно для осадочных баритов (В. В. Кулинич, 1972 г.). По данным Р. С. Казакова (1969, 1973 гг.), накопление барита в Башкирской зоне сингенетично с осадконакоплением. Это подтверждается законо-

мерностями размещения месторождений: связью с циклами седиментации, стратиграфическим и литологическим контролем оруденения и другими особенностями его локализации, низким содержанием стронция в баритах и полной независимостью баритовой минерализации относительно известных в районе интрузивных образований (диабазов и габбро-диабазов). Вместе с тем структурные особенности локализации руд свидетельствуют о существенной миграции и перераспределении барита на стадии литификации и эпигенеза баритоносных осадков. Признаком, подтверждающим подобную эпигенетическую природу, является широко распространенная на месторождениях прожилковая минерализация барита. Р. С. Казаков, А. А. Пауков и Р. М. Акбанов (1972 г.) признаками той же природы барита считают: приуроченность его к определенным стратиграфическим горизонтам, простоту минерального состава, небольшую мощность, отсутствие признаков гидротермального изменения вмещающих пород, отсутствие перехода баритовых руд с глубиной в сульфидные и кварц-сульфидные руды.

Дальнейшее преобразование месторождений связано с гипергенезом руд, которые в коре выветривания подвергаются интенсивной переработке с выносом легкоподвижных компонентов и накоплением бурых железняков, глинистых охр и крупных гнезд и линз крупнокристаллического барита.

**Магнитогорская баритоносная зона** расположена в пределах Магнитогорского мегасинклинория центральной части Южного Урала. В этой зоне широко развиты колчеданные баритосодержащие месторождения вулканогенно-осадочного генезиса. Промышленный интерес среди них на барит представляют Джусинское, Молодежное и Гайское, имеющие как залежную (лентовидные, линзовидные), так и комбинированную (лентовидные, линзовидные, жилы, штоки, зоны и др.) формы рудных тел. Развитие Магнитогорской геосинклинали от ордовика до начала карбона характеризуется многократной сменой условий осадконакопления и многофазностью сопутствующих тектонических и магматических процессов.

В начальный этап развития геосинклинали образование субмаринных вулканогенно-осадочных толщ спилит-кератофинов и порфиритов было ограничено узкими прогибами типа тектонических рвов. Позднее погружение охватило всю геосинклинали. Колчеданное барит-полиметаллическое оруденение ассоциируется с формациями субмаринных вулканитов. Рудоносные толщи вулканитов, как правило, в той или иной степени рассланцованы, серицитизированы и окварцованы.

Для колчеданных барит-полиметаллических месторождений Магнитогорского мегасинклинория характерны преимущественно пластообразные и линзообразные формы рудных тел, залегающих согласно с напластованием рудоносных вулканогенно-осадочных толщ. Обычно рудные залежи тяготеют к сводам, реже к крыльям брахиантиклиналей. В рудоносной толще насчитывается до четырех и более рудных залежей, расположенных на различных

уровнях. На некоторых месторождениях (Молодежное) рудоносная толща экранируется безрудными дацитовыми порфиритами. На ряде месторождений рудоносная толща и рудные залежи расчленены крутопадающими дайками габбро-диабазов.

Большинство исследователей Урала колчеданные барит-полиметаллические месторождения связывают с субмаринными вулканитами начального этапа развития геосинклинали. Средняя стадия геосинклинального развития, совмещенная с главной фазой складчатости (средний и поздний карбон), сопровождалась внедрением гранитных интрузий с сопутствующим им образованием кварц-баритовых жил и баритоносных колчеданных залежей. Позднее, в пермское время, вдоль зон разломов, наложенных на консолидированную складчатость, внедрились дайки и штоки малых интрузий, сопровождавшиеся образованием плутогенных гидротермальных месторождений полиметаллов, иногда несущих промышленные скопления барита. В связи с этим высказывается предположение (Смирнов, 1969), что колчеданные залежи Южного Урала возникли в девоне, а их обогащение сульфидами свинца, цинка, золотом, баритом и серебром произошло при гидротермальных процессах в позднем палеозое.

Барит во всех колчеданных месторождениях Южного Урала является достаточно распространенным минералом, но наиболее характерен он для медно-цинковых сплошных руд, в которых образует тонкозернистые скопления, небольшие гнезда и прожилки. Как правило, колчеданные барит-полиметаллические месторождения при последующей складчатости подвергались существенным структурным и метаморфическим преобразованиям, в результате чего рудные залежи вместе с вмещающими породами смяты в сложные линзовидные, вихревые и флексурные складки, разорваны и смещены сбросами. Сами руды часто перекристаллизованы, подвергнуты кливажу и рассланцеванию.

### *Восточно-Карпатская провинция*

Промышленные барит-алунит-полиметаллические месторождения этой провинции сосредоточены в Беганьском районе Закарпатской области и связываются с полуплатформенной и платформенной стадиями развития альпид. Барит-алунит-полиметаллическое оруденение приурочено здесь к толще нижнесарматских вулканокластических отложений, развитых в зоне сочленения Закарпатского внутреннего прогиба с Венгерским срединным массивом. Эта зона представляет собой цепь горст-антиклинальных поднятий значительной амплитуды, простирающихся параллельно общекарпатскому направлению.

Кроме Беганьского баритоносного района барит-полиметаллические рудопоявления (Баласуновское, Прилукское и др.) в последнее время выявлены в пределах Чивчинского кристаллического массива, являющегося краевой частью Мармарошского антиклинория. В румынской части этого антиклинория известны

колчеданные барит-полиметаллические месторождения, связанные с начальными этапами развития герцинской геосинклинали. Здесь же отмечаются и более поздние барит-полиметаллические проявления, приуроченные к границе Чивчинского кристаллического массива с киммерийским эвгеосинклинальным прогибом, выполненным преимущественно морскими вулканогенно-осадочными породами.

В Беганьском районе барит-алунит-полиметаллическое оруденение связано с магматизмом орогенного цикла (неоген). Наиболее широко были развиты на этом этапе продукты кислого вулканизма, с которыми непосредственно связана гидротермальная деятельность, ответственная за формирование барит-алунит-полиметаллического оруденения.

В рудном поле Беганьского барит-полиметаллического месторождения выделяются четыре фации метасоматического минералообразования: пропилитизация, адуляризация, аргиллизация и фация вторичных кварцитов. Установлено, что алунитовая и баритовая минерализация пространственно и генетически сопряжены с фацией вторичных кварцитов. Сульфидная (полиметаллическая) минерализация локализуется в более глубоких фациях, преимущественно в контурах аргиллизированных пород.

Беганьское месторождение представляет собой, таким образом, вулканогенно-гидротермальный внежерловый тип трещинного оруденения, сформировавшегося в субаэральной фации эксгаляционными рудоносными растворами, непосредственно связанными с вулканическим очагом.

Масштабы осаждения барита в каналах циркуляции гидротермальных растворов увеличивались по мере продвижения их вверх, в область высокого парциального давления кислорода, достигая максимума в верхних частях фаций вторичных кварцитов.

### *Кавказская провинция*

Эта провинция разделяется на две баритоносные зоны: Северо-Кавказскую, где основные баритовые месторождения локализируются в древнем домезозойском субстрате Передового хребта, и Закавказскую, связанную с собственно киммеридами и альпидами Кавказа. В целом для Кавказской провинции формирование различных генетических классов баритовых месторождений (гидротермальных, вулканогенно-осадочных и осадочных) отмечается в начальные этапы развития герцинской (на рубеже девона и карбона), киммерийской (в ранне-среднеюрское время) и альпийской (в мелу и палеогене) геосинклиналей. Промышленное значение имеют только гидротермальные жильные и метасоматические (собственно баритовые) и вулканогенно-осадочные (колчеданные барит-полиметаллические) месторождения.

**Северо-Кавказская баритоносная зона** включает Белореченско-Лабинский, Верхне-Кубанский, Зеленчукский, Малкинский, Арденский и Аргунский районы.

Наиболее продуктивными на барит являются жильные барит-полиметаллические месторождения (Белореченское, Архызское, Кизельчукское и др.), хотя слабо изученными остаются колчеданные барит-полиметаллические месторождения (Чочу-Кулачское, Сафоно-Дигарская группа).

Эндогенные месторождения и рудопроявления барита на Северном Кавказе залегают преимущественно в домезозойских амфибол-сланцевых гнейсах, перекрывающих их осадочно-эффузивных толщах девона — нижнего карбона, песчаниках и конгломератах перми, карбонатно-туфогенных отложениях триаса и юры, а также в прорывающих их интрузиях кислых и основных пород.

На многих месторождениях баритовое оруденение на глубине сменяется убогим сульфидным. Лишь в некоторых рудных районах (Белореченско-Лабинском, Верхне-Кубанском) сульфидная минерализация с глубиной приобретает заметные масштабы. Возможно, как на Урале и Алтае, с глубиной такие жилы переходят в колчеданно-полиметаллические залежи. На Северном Кавказе барит встречается во многих колчеданно-полиметаллических месторождениях, изучение которых на предмет извлечения из руд барита не производилось.

Колчеданно-полиметаллические месторождения Северного Кавказа, как и уральские, тяготеют к границе герцинской эвгеосинклинальной зоны Передового хребта со Скифско-Туранской плитой (краевой зоной Русской платформы). В геологическом отношении область развития этих месторождений представляет собой ранне-среднеюрский прогиб, наложенный на жесткий фундамент древних образований. Прогиб выполнен толщей глинистых сланцев аспидной формации с альбитизированными липаритами.

Рудопроявления осадочного генезиса на Северном Кавказе (Малкинское, Амджинское и Баксанское) изучены слабо. Представляют интерес рудопроявления барита в майкопских глинах, в которых барит заполняет полости внутри костей рыб и крупных позвоночных или же слагает короткие линзы, расположенные обычно на контакте с линзами гагата.

**Закавказская баритоносная зона** включает два рудных района — Гагринско-Джавский и Самхито-Карабахский.

В Гагринско-Джавском баритоносном районе наиболее крупными месторождениями являются собственно баритовые пластообразные (Апшринское) и жильное (Чордское), а в Самхито-Карабахском — колчеданные барит-полиметаллические (Маднеульское и Болнисское).

В обоих баритоносных районах на протяжении геосинклинального этапа развития (от ранней юры до палеогена включительно) происходило накопление мощных субмаринных вулканогенных толщ преимущественно порфиритового состава. С центрами вулканической деятельности в пределах Самхито-Карабахского района связываются колчеданные барит-полиметаллические месторождения, образование которых относится к начальным этапам развития кеммерийской (ранне-среднеюрское время) и альпийской

(поздний мел) геосинклиналей. В средние и конечные этапы киммерийского и альпийского тектогенеза происходило внедрение гранитоидов, с которыми большинство исследователей склонны связывать образование гидротермальных собственно баритовых месторождений. Последние в обоих районах по форме рудных тел подразделяются на два типа — жильные, выполняющие трещинные структуры, и пластообразные, образованные путем метасоматического замещения благоприятных пород, главным образом известняков и доломитов.

Подавляющее большинство жильных месторождений расположено в вулканогенной толще байоса и связано с нарушениями преимущественно сбросо-сдвигового характера с амплитудами смещения от нескольких метров до 30 м и более. Приурочены жилы главным образом к крыльям синклинальных и антиклинальных складок, а в ядрах синклиналей и сводах антиклиналей они, как правило, не встречаются.

Пластообразные собственно баритовые месторождения также тяготеют к крупным тектоническим разломам и представляют собой в основном заполнение баритом открытых трещин отслоения в породах благоприятного состава, главным образом в доломитизированных известняках лузитана (Апшринское и др.). Баритизация карбонатных пород в месторождениях этого типа является наиболее поздним процессом. Она проявилась после доломитизации и окварцевания.

Промышленные колчеданные барит-полиметаллические месторождения выявлены в основном в Самхито-Карабахском рудном районе, в котором наиболее интересными являются два рудных узла — Болнисский и Алаверды-Ахталский. По структурно-морфологическим особенностям эти месторождения подразделяются на четыре типа: пластообразной и линзообразной формы в зонах межформационного и внутриформационного отслаивания и расщипывания (Кедабское, Ахталское, центральный участок Алавердского, Маднеульское, Цителсепельское и Танзутское); штокообразной формы в пересечениях дорудных разрывов под малопроницаемой покрывкой пород кровли (Чирагидзор, Тоганалы, Новогореловское); жильной и штокообразной формы в зонах разрывных нарушений и оперяющих их трещин (Кафанское, южный участок Алавердского); с одновременным развитием секущих и согласных рудных тел (Шамлугское, юго-западный участок Алавердского). Формирование пластообразных баритовых залежей происходило в основном в доскладчатый период.

Характерной особенностью колчеданных барит-полиметаллических месторождений (типа Маднеульского), расположенных в Болнисском рудном узле, является их четкая привроченность в стратиграфическом разрезе к горизонтам вулканогенных пород среднеюрского, верхнемелового и среднеэоценового возраста. Рудовмещающие горизонты вулканитов отличаются грубообломочными вулканокластическими структурами и кислым составом. Рудоносные части вулканогенных толщ характеризуются наиболее слож-

ным строением и крайней невыдержанностью отдельных горизонтов вулканитов.

Рудным полям Маднеули-Паладаурской рудной зоны свойственно линейно узловое размещение вдоль субширотных зон разломов второго порядка, локализация в узлах пересечений их с разломами северо-восточного направления третьего порядка, нередко в сочетании с пологими межпластовыми тектоническими нарушениями.

Баритовые руды с глубиной постепенно замещаются барит-полиметаллическими, затем полиметаллическими, переходящими в горизонт собственно медных руд. Непосредственно вмещающими породами для баритовых и барит-полиметаллических руд являются вторичные кварциты, для полиметаллических — гидротермальные аргиллиты, а медноколчеданных — кварц-серицит-хлоритовые и кварц-хлоритовые породы. Безрудность многих массивов вторичных кварцитов, а также наличие брекчирования кварцитов с последующей цементацией обломков баритсодержащими рудами свидетельствуют о перерыве между формированием вторичных кварцитов и последующим рудоотложением.

Широко развитые в районе зоны гипсоносных пород пространственно тесно связаны с рудными залежами и выступают в качестве важного поискового признака скрытого оруденения.

### *Тянь-Шаньская провинция*

Развитие земной коры в Тянь-Шаньской складчатой области отражают различные формации, относящиеся к широкому интервалу времени — от раннего палеозоя до неогена. Установлено, что локальное развитие геосинклинальных прогибов (от каледонского до альпийского тектоно-магматического цикла) постепенно от цикла к циклу отступало с севера на юг.

Для каледонского тектоно-магматического цикла, структуры которого развиты преимущественно в Северном Тянь-Шане, характерны эндогенные месторождения орогенной стадии: скарновые (магнетит, золото), пегматитовые (олово) и кварц-грейзеновые (молибден). Некоторые исследователи с этим циклом связывают также небольшие гидротермальные свинцово-цинковые рудопроявления с баритом.

Основные эндогенные и экзогенные баритовые рудопроявления в Тянь-Шане связываются с герцинским тектоно-магматическим циклом. В этом цикле проявились осадочные ( $S-O_1$ ), вулканогенно-осадочные ( $D_2-C_2$ ) и гидротермальные ( $C_3-P$ ) баритовые месторождения ранней, средней и поздней стадий геосинклинального развития. Герцинский тектоно-магматический цикл в полной мере проявился только в Северном Тянь-Шане.

В Южном Тянь-Шане в значительно большей мере развиты структуры киммерийского и альпийского тектоно-магматических циклов, с которыми связываются мелкие рудопроявления барита осадочного ( $J-Cr$ ) и гидротермального ( $Pg-N$ ) генезиса.

Площади с преимущественно герцинской осадочной и осадочно-вулканогенной баритовой металлогенией включают Южный Казахстан, Западный Узбекистан, некоторые месторождения Киргизии и Таджикистана.

Характерной особенностью осадочных и вулканогенно-осадочных месторождений описываемой территории является то, что накопление рудоносных отложений происходило в открытом (девонском — раннекарбонном) бассейне (Каратауское, Миргалимсайское) или в прибрежных условиях как без признаков проявления вулканизма (Уч-Кулачское), так и с отчетливым проявлением его (Туюкское).

В последующий платформенный этап развития (в периоды киммерийской и альпийской активизации) герцинские структуры подверглись дополнительным дислокациям и были расчленены на разноподнятые и опущенные блоки. В опущенных блоках накапливались терригенные породы юрского, мелового и третичного возраста (юго-восточная часть Ферганской и Южно-Таджикская впадины) с образованием осадочных концентраций барита.

С киммерийской активизацией герцинской платформы связываются также гидротермальные и метасоматические кварц-барит-флюоритовые (Агата-Чибаргатинское, Наугарзанское, Бадамское) и барит-полиметаллические (Танаберды, Музбекское, Ак-Могольское) месторождения. Последние обычно локализируются среди каменноугольных, ниже- и верхнепермских кислых эффузивов или в небольших массивах гранитов.

С альпийской активизацией, проявившейся в основном в Южном Тянь-Шане и Копетдаге, также связано подновление герцинских и более древних тектонических нарушений, вдоль которых локализовались эпitherмальные жильные барит-витеритовые и кальцит-баритовые месторождения, сопровождающиеся иногда слабой флюоритовой, сурьмяной, полиметаллической и ртутной минерализацией.

Далее коротко подчеркнуты характерные локальные особенности размещения промышленных месторождений барита осадочно-вулканогенно-осадочного и гидротермального генезиса.

Барит-полиметаллическое оруденение на Миргалимсайском месторождении приурочено к доломитизированным известнякам и доломитам второго ленточного, частично к верхней части ячеистого горизонтов фаменского яруса. Крупные надвиги, развитые на месторождении, обычно обедняют ленточный горизонт рудными минералами. Образование рудного тела рассматривается как следствие отложения сульфидного вещества из поствулканических растворов, фильтровавшихся сквозь доломитизированные известняки на дне древнего моря. На осадочное происхождение руд месторождения указывает их простой и однообразный минеральный состав, а также то, что сульфиды железа, свинца, цинка тесно связаны с диагенетической доломитизацией и баритизацией. Об этом свидетельствуют структуры взаимного прорастания барита с галенитом, а также выделение пирита, галенита и сфалерита в конкрециях и

доломитовых оолитах совместно с карбонатами железа и марганца. Находки обломочного барита и доломита в залегающих выше слоях единой пачки осадков также подтверждают осадочный генезис оруденения.

В Большом Каратау барит-полиметаллическое оруденение приурочено к узкому интервалу стратиграфического разреза — мощной терригенно-карбонатной толще (верхи фамена — нижний турне). Для фаменских карбонатных отложений характерно развитие согласных рудных залежей миргалимсайского типа, подавляющее большинство которых локализуется во втором ленточном горизонте доломитов акжарской пачки. В нижнетурнейских отложениях барит-полиметаллическое оруденение также постоянно приурочено к пачке «искристых» доломитов в виде согласных тел или системы секущих жил.

Уч-Кулачское барит-полиметаллическое месторождение залегает в живет-франских терригенных породах. По мнению многих исследователей, оно образовалось в прибрежно-морских условиях; вероятным источником рудного вещества служили вулканогенно-осадочные породы области сноса.

Первоначальный осадочный генезис Туюкского барит-полиметаллического месторождения определяется повышенным фоновым содержанием бария, меди, свинца и других элементов в породах кунгейской и каратау-кетменской свит и согласной с вмещающими породами линзовидной формой рудных тел. Обогащение баритом (до промышленных концентраций) и полиметаллами вмещающих пород связывается с последующей гидротермальной деятельностью вблизи вулканических аппаратов в течение нескольких стадий. Рудоподводящими структурами служили разломы типа Южно-Туюкского и сбросо-сдвиговые нарушения. Это доказывается преимущественной локализацией промышленных руд вблизи тектонических нарушений и зональным расположением фаций гидротермально-измененных пород от периферии по направлению к разлому: доломитизация, гематитизация, окварцевание и баритизация. Метасоматическому замещению баритом подвергались главным образом известняки.

Помимо широкого развития в Тянь-Шаньской провинции осадочных и вулканогенно-осадочных барит-полиметаллических месторождений характерным для нее является также наличие собственно гидротермальных кварц-барит-флюоритовых месторождений. Некоторые из них образовались в поздней перми, в этап внедрения малых интрузий и даек среднего состава, секущих нижнепермские отложения. Для большинства кварц-барит-флюоритовых месторождений (Агата-Чибаргатинское, Наугарзанское и др.) характерно уменьшение содержания барита с глубиной, но увеличение сульфидной минерализации.

Подводя итоги изложенному, можно сделать вывод, что основные промышленные барит-полиметаллические месторождения Северо-Тяньшанской металлогенической зоны имеют вулканогенно-осадочный генезис. Они формировались в открытом мелковод-

ном бассейне в завершающие этапы развития герцинской геосинклинали и большинство из них локализовано в мощной толще карбонатных пород среднего девона — нижнего карбона. В более позднее время ( $C_3$ —Р) в этой металлогенической зоне возникли или были обновлены тектонические нарушения, по которым поступали гидротермальные растворы, во многих случаях существенно изменявшие облик первоначально вулканогенно-осадочных или осадочных (Туюкское) месторождений с формированием вторичных метасоматических залежей и жильных тел. Наличие в Южном Казахстане более поздних (верхнепермских) плутогенных гидротермальных жильных и метасоматических барит-флюоритовых (Бадамское и др.) и сульфидно-баритовых (Танаберды и др.) месторождений подтверждают эту точку зрения.

Характерной особенностью осадочных и вулканогенно-осадочных барит-полиметаллических месторождений Северо-Тяньшаньской металлогенической зоны является накопление рудоносных фаций осадков в открытом мелководном морском бассейне, нередко без существенного проявления вулканизма (Каратауское, Миргалимсайское). Рудоносные толщи с барит-полиметаллическим оруденением тяготеют к границам палеогеографических зон с резкой сменой гидродинамики и гидрохимии вод, в частности к границам литофаций кальцито-и доломитообразования. Так, например, в хр. Каратау установлена приуроченность подавляющей массы руд к зоне перехода турланской (известково-мергелистой) фации в кызылатинскую (известково-доломитовую), а в бассейне Нарына оруденение широко распространено в пестрых по составу карбонатных толщах нижнего карбона; в монотонных известняковых толщах того же возраста (севернее р. Нарын) барит-полиметаллическая минерализация не установлена.

### *Копетдагская провинция*

Эта провинция характеризуется мелкими гидротермальными барит-витеритовыми месторождениями. Горная цепь Копетдага, в которой локализованы барит-витеритовые месторождения Туркмении, представляет собой альпийское складчатое сооружение, возникшее на месте развивавшегося в юрское, меловое и палеогеновое время геосинклинального прогиба.

Е. А. Ферсман в своих записках «Из поездки в Туркмению» (1940 г.) писал, что особого внимания заслуживает витерит, который в некоторых месторождениях вытеснил барит. Образовался он, очевидно, под влиянием углекислых горячих терм. В этих же записках он подчеркивает связь Копетдага с Кавказом (с его молодыми движениями и вулканическими циклами начиная с мела и кончая четвертичной эпохой) не только в геологии, но и в геохимии.

Большинством исследователей барит-витеритовые месторождения Копетдага считаются эпитермальными, образовавшимися в

результате смешивания ювенильных растворов, содержащих  $\text{BaCl}_2$ , с подземными сульфатными и сероводородными водами.

Возраст баритового оруденения считается нижнеплиоценовым. Решающим фактором, определяющим локализацию баритового оруденения, оказались зоны дробления на тех участках, где оруденение подчинено также структурно-литологическому контролю. Оруденение сосредоточено в основном в участках зон дробления, пересекающих песчаные породы альба, тогда как глинистые породы служили экраном для рудообразующих растворов.

В пределах разрывных нарушений барит образует мелкие жилы; вмещающие их породы, как правило, не изменены. Витерит является одним из поздних образований, часто образует псевдоморфозы по бариту, реже самостоятельные линзы мощностью до 1 м и длиной до 7—10 м.

Характерным для барит-витеритового оруденения в Копетдаге является наличие сульфидов, главным образом галенита, реже халькопирита; на некоторых месторождениях отмечается повышенное содержание ртути. Иногда с глубиной содержание сульфидов в рудных телах увеличивается.

### *Центрально-Казахстанская провинция*

Эта провинция является наиболее изученной. Геологическая история развития Центрального Казахстана тесно связана с Тянь-Шаньской (Южный и Западный Казахстан) и Алтае-Саянской (Восточный Казахстан — часть Горного Алтая) складчатыми областями, но, с другой стороны, отличается и своими специфическими особенностями — это область типичного полициклического геосинклинального развития на протяжении каледонского (до ордовика) и герцинского (до перми) циклов с признаками последующей активизации. Ранняя — эвгеосинклинальная стадия каледонского цикла характерна накоплением спилито-кератофировых толщ и комагматичных им основных и кислых интрузий. В среднюю и конечную стадии — в миогеосинклинальных зонах каледонид накопились мощные флишеидные толщи, прорванные силюрийскими гранитами, а позднее, уже в девонское время, широкое развитие получили комплексы малых интрузий, с которыми связываются кварц-барит-золоторудные месторождения.

Герцинский цикл в большинстве районов Западного, Южного и Центрального Казахстана протекал в обстановке, переходной от геосинклинальной к платформенной, и лишь в Восточном Казахстане (Рудный Алтай) в условиях типичного геосинклинального режима. Характерной особенностью герцинского цикла в Центральном Казахстане является быстрая смена тектоно-магматических условий, образование наложенных геосинклинальных впадин, преимущественно выполненных вулканогенно-терригенными формациями с преобладанием вулканитов среднекислого состава.

Начиная со среднего девона (живетский век) Центральный Казахстан был вовлечен в сферу активных тектонических движе-

ний в связи с развитием Джунгаро-Балхашской геосинклинали. Герцинские тектонические движения этого времени отражены в каледонском фундаменте образованием разломов, в основном северо-западного и субширотного направления. Раскалывание каледонского основания на блоки сопровождалось интенсивным вулканизмом на фоне вертикального (разного знака) перемещения блоков каледонид. Погруженные блоки представляют собой грабен-синклинальные структуры (Жаильменская и другие мульды), а воздымающиеся блоки (живетский и начало франского века) — архипелаг вулканических островов.

Фаменский век в Центральном Казахстане ознаменовался ослаблением вулканической деятельности и дальнейшим развитием морской трансгрессии, что нашло отражение в господствующем хемогенном и органогенном осадконакоплении. По некоторым разломам периодически возобновлялись излияния спилитовых и диабазовых лав. Характерным для таких зон является чередование вулканогенных и осадочных образований. В ряде мест позднефаменского моря имело место накопление рудоносных железных, марганцевых, свинцово-цинковых и баритовых фаций, сопутствующих «бугристо-слоистым» кремнисто-карбонатным толщам.

В конце фаменского и начале турнейского периодов трансгрессия моря достигла максимума. В середине турнейского века Центральный Казахстан испытал очередную активизацию тектонических движений и с этого времени начинается устойчивая регрессия моря: хемогенные и органогенные осадки сменяются терригенными. К середине намюра наступает полное осушение этой территории и она вступает в длительную эпоху континентального развития.

Внедрение интрузивных пород в герцинском цикле происходило неоднократно, но лишь с более поздней (пермской эпохой) интрузивной деятельностью в основном связываются полиметаллические, медные, баритовые, флюоритовые и многие другие гипогенные месторождения. Наиболее продуктивная концентрация барита (совместно с полиметаллами) отмечается в Центральном Казахстане в связи с вулканогенно-осадочными процессами в пределах Джунгаро-Балхашской герцинской геосинклинали, в частности с образованием стратиформных барит-полиметаллических месторождений.

По продуктивности (в отношении барита) им подчинены гидротермальные полиметаллические месторождения Бошекуль-Баяноульского района. Они связываются с развитием трещинных структур в кембро-ордовикских эффузивно-осадочных толщах. В последних в пределах Западно-Балхашского и Байканур-Ишимского синклинориев выявлены также метаморфизованные, предположительно осадочного генезиса баритовые месторождения.

Охарактеризованные разновозрастные и разные по генезису баритовые месторождения в Центральном Казахстане можно сгруппировать в три баритоносные зоны: Джунгаро-Балхашскую, Бошекуль-Баяноульскую и Западно-Балхашскую.

**Джунгаро-Балхашская баритоносная зона** является наиболее изученной. В ее пределах выделяются Атасуйский, Успенский, Уралбайский, Спасский и Акбастауский рудные районы.

Атасуйский рудный район по разнообразию и масштабам выявленных здесь баритосодержащих комплексных месторождений является одним из ведущих. В геологическом отношении он представляет собой брахисинклинальную структуру, сложенную различными по составу осадочными отложениями верхнего девона и нижнего карбона, кислыми эффузивами нижнего — среднего девона, прорванными позднегерцинскими гранитоидами.

Особый интерес на барит в этом районе представляют стратиформные барит-полиметаллические месторождения, приуроченные в основном к Жаильменской и Майкаинской мульдам. Выполнены мульды аргиллитами, глинистыми и кремнистыми известняками фамена, постепенно переходящими в известняки, алевролиты и углисто-глинистые сланцы турне. Стратиформные барит-полиметаллические месторождения локализованы преимущественно на крыльях мульд среди известняков верхнего фамена — турне. Первостепенное значение здесь имеют два рудных узла — Жайремский и Бестюбинский.

Все месторождения в Жайремском рудном узле, представленные пластообразными линзами и неправильными залежами барит-полиметаллических руд, обычно подстилает горизонт железо-марганцевых руд (Жайремское, Арап, Таскарген и др.). Кроме стратиформных залежей в этом узле известны жильные баритовые проявления (Жумарт, Северное), выполняющие трещинные структуры, секущие известняки этрена и девонские эффузивы. Жилы сложены в основном баритом, кварцем, иногда содержат убогую полиметаллическую минерализацию.

Бестюбинский рудный узел (месторождения Бестюбинское, Кентюбинское и ряд проявлений) характеризуется пластообразными баритовыми залежами среди фаменских отложений. На Бестюбинском месторождении свинцовое оруденение локализуется не только в баритовой залежи, но и за ее пределами во вмещающих известняках. Другие месторождения (Кентюбинское, Каражал) не содержат полиметаллов; барит в них находится в ассоциации с пластовыми железо-марганцевыми рудами.

Некоторые рудопроявления барита с убогой полиметаллической минерализацией (Жуманей, Байгул II) являются жильными и связаны с трещинными структурами в ореолах гранитоидных интрузивов.

Кроме отмеченных баритоносных узлов в Атасуйском рудном районе барит-полиметаллические и баритовые рудопроявления известны в пределах Джуманейского, Баирского, Желандинского, Караобинского и Карасайского рудных полей.

Успенский рудный район, расположенный между Тектурмасским и Жеман-Сарысуйским антиклинориями, пространственно совпадает с Успенской зоной смятия. Последняя находится в поле развития среднепалеозойских осадочных и эффузив-

но-пирокластических образований верхнедевонского — нижнекарбонического возраста, испытавших особенно интенсивные дислокации, выраженные в изоклинальной и опрокинутой складчатости, рассланцевании и развальцевании пород, а также наличии множества разрывных нарушений. В пределах Успенского рудного района выделяются Успенский и Карагайлинский рудные узлы.

В Успенском рудном узле барит-полиметаллические месторождения тяготеют к контакту известково-сланцевой толщи фаменского яруса с песчаниками и туфами франского яруса. Наиболее продуктивное оруденение отмечается в межформационной тектонической зоне субширотного простирания. Более мелкие баритовые проявления в этом узле приурочены к тектоническим нарушениям и зонам рассланцевания в альбитофирах и кварцевых порфирах живет-франского яруса.

Карагайлинский рудный узел в северо-восточной части Успенской тектонической зоны охватывает экзоконтактовую зону Карагайлинского гранит-гранодиоритового плутона среднегерцинского возраста. Карагайлинское барит-полиметаллическое месторождение залегает в кремнисто-глинистых и кремнисто-известковистых сланцах фаменского яруса.

Уралбайский рудный район барит-полиметаллических месторождений (Уралбай, Беркара, Куушоки и др.) и рудопроявлений приурочен к одноименной зоне разлома, в разных частях срезающей Токрауский брахисинклиорий, Жеман-Сарысуйский антиклинорий и Успенскую зону смятия. Баритовое оруденение развито преимущественно в антиклинальных структурах второго порядка среди эффузивно-осадочных образований девона — нижнего карбона. Основные промышленные месторождения находятся в Кайрактинском и Баска-Картабайском рудных узлах.

Кайрактинский рудный узел охватывает северную часть Жеман-Сарысуйского антиклинория вблизи Успенской зоны смятия. Центральное место здесь занимает Кайрактинское барит-полиметаллическое месторождение, приуроченное к одноименной мульде, в пределах которой линзообразные тела тяготеют к контакту глинисто-карбонатных пород верхнего фамена — этрена с нижнекарбонической эффузивно-осадочной толщей. Этот контакт нарушен надвигом, сопровождающимся зоной брекчирования. Более мелкие баритовые рудопроявления расположены на крыльях той же мульды в вулканогенно-осадочных породах.

В Баска-Картабайском рудном узле, на границе юго-западной части Жеман-Сарысуйского антиклинория с Акжальской зоной разлома, рудопроявления барита локализованы в песчано-алевритовой толще силурийского возраста (лудловский ярус) и среди осадочно-вулканогенных образований среднего — верхнего девона.

Спасский рудный район пространственно совмещен с западной частью одноименной зоны разлома на границе Спасского антиклинория и южного крыла Карагандинского синклиория. В этой зоне выделяются Джалаирский и потенциальный Байдаулитский рудные узлы. Западную часть района составляет Джала-

ирский рудный узел, в котором выделяется несколько мелких тектонических блоков осадочно-эффузивных отложений нижнего — среднего и верхнего девона. В одном из них конгломерато-песчаниковую свиту среднедевонского возраста и сланцево-известковую толщу фамена разделяет зона надвига, к которому приурочены Джалаирское и ряд других месторождений. Джалаирское баритовое месторождение представлено линзовидными телами и жилами баритового, кремнисто-баритового и глинисто-баритового состава. На глубине баритовое оруденение сменяется барит-полиметаллическим.

Акбастауский рудный район находится в узкой зоне разломов широтного простирания, являющейся самой южной в Джунгаро-Балхашской геосинклинали. Эта зона прослеживается на стыке Актау-Моинтинского и Кызыл-Эспинского антиклинориев и Западно-Балхашского синклинория. Наиболее типичное для этой зоны Узенжальское пластовое барит-полиметаллическое месторождение приурочено к известковистым песчаникам и известнякам фамена.

Таким образом, наиболее характерными особенностями локализации промышленных баритовых месторождений в Джунгаро-Балхашской баритоносной зоне являются:

1) стратиформный характер большинства месторождений и образование их в конечные этапы развития герцинской геосинклинали в структурных зонах с наложенными мульдами, выполненными верхнедевонскими — нижнекарбонowymi известково-сланцевыми и вулканогенными отложениями;

2) размещение месторождений в пределах узких зон смятия или разломов, на участках пересечения последними прибрежно-морских отложений верхнего фамена — нижнего этрена. Внутренние части крупных мульд, выполненные карбонатными отложениями, баритового оруденения не несут;

3) рудные зоны и узлы в основном тяготеют к крыльям синклинальных (Атасуйский рудный район, Успенская, Спасская и Акбастауская рудные зоны) или антиклинальных (Уралбайская зона) брахискладчатых структур;

4) рудолокализующими выступают тектонические нарушения сдвигового типа (сдвиги, надвиги, зоны смятия и расланцевания) между горизонтами толщ фамена, реже турне;

5) барит-полиметаллическое оруденение связано с длительно существовавшим очагом вулканизма девоно-карбонového времени. Формирование руд представляет собой сложный, растянутый во времени многостадийный процесс;

6) формирование стратиформных барит-полиметаллических месторождений охватывает по крайней мере три этапа: вулканогенно-осадочный (минерализация сопутствует процессам накопления осадков, их диагенезу и эпигенезу); гидротермально-метасоматический, выраженный в дальнейшем преобразовании рудного вещества на участках разрывных тектонических нарушений, сопряженных со складкообразованием; гидротермальный поздний

этап преобразования рудного вещества вдоль зон дробления, пространственно контролирующей локализацию малых интрузий.

Возраст вулканогенно-осадочного оруденения обычно определяется возрастом продуктивной пачки — терригенно-карбонатных отложений (верхи фаменского яруса — низы этренских слоев). О времени гидротермально-метасоматического преобразования оруденения нет единого мнения. Г. Н. Щерба (1964 г.) считает его близким к осадконакоплению, т. е. верхнедевонским. По данным Н. М. Митряева и др. (1973), гидротермально-метасоматическое оруденение является нижекарбонным. Продолжительность рудообразования от позднего фамена до визе около 20 млн. лет.

**Бошекуль-Баяноульская баритоносная зона** представляет в Центральном Казахстане пример развития более древнего каледонского оруденения, на фоне которого более слабо проявлена герцинская металлогения. В этой зоне условно могут быть выделены три рудных района — Майкаинский, Торткудукский и Сувинирский, в которых не фиксируется строгой приуроченности оруденения к определенно выдержанным структурно-тектоническим элементам. Выявленные здесь месторождения и рудопроявления барита отличаются от баритовых месторождений Джунгаро-Балхашской металлогенической зоны преобладающей ассоциацией с золото-серебряным оруденением; полиметаллы и медь развиты в них сравнительно слабо.

**Западно-Балхашская баритоносная зона** в Центрально-Казахстанской провинции остается еще слабо изученной. В ее пределах среди кембро-ордовикских отложений известно большое число баритовых рудопроявлений предположительно осадочно-метаморфогенного генезиса. В настоящее время заслуживает внимания детально разведываемое Чиганакское месторождение. Залежи барита на месторождении являются согласными с вмещающими породами, приурочиваются к контакту кремнистых яшмовидных пород и глинисто-кремнисто-углистых сланцев. Осадочный генезис месторождения подтверждается также характерными структурами и текстурами руд, простым их минеральным составом, отсутствием гидротермальных изменений, участием рудных тел во всех складчатых и разрывных дислокациях наравне с вмещающими осадочными породами и широким распространением баритовых конкреций, особенности морфологии и состав которых указывают на образование их в неуплотненном рыхлом осадке.

### *Алтае-Саянская провинция*

Геологическая история Алтае-Саянской складчатой области, как известно, является сложной. Главнейшие ее структуры в основном были сформированы в каледонский и герцинский тектономагматические циклы. Киммерийский тектономагматический цикл проявился в режиме платформенной активизации.

Баритоносность Алтае-Саянской складчатой области тесно связана с другим гипогенным оруденением (колчеданно-полиметалли-

ческим, редкометальным, ртутным, флюоритовым и т. п.). Здесь можно выделить три баритоносных района: Западно-Саянский, Салаирский и Рудно-Алтайский. Баритовые рудопоявления известны также в Кузнецком Алатау и Минусинской котловине, но изучены они здесь недостаточно.

Для Западно-Саянского баритоносного района характерны колчеданные месторождения с баритом (Субботинское, Кызыл-Таштыгское и др.), приуроченные к нижнекембрийским морским вулканогенно-осадочным отложениям. В структурном отношении эти месторождения приурочиваются к границе Западно-Саянского прогиба и Батеневского интрагеосинклинального поднятия (Майнское, Субботинское, Шушенское), с одной стороны, и Восточно-Тувинского срединного массива (Кызыл-Таштыгское, Кызылташское) — с другой. Районы распространения колчеданно-полиметаллических месторождений совпадают с ореолами проявления доскладчатых гранит-липаритовых формаций. Месторождения обычно располагаются среди или вблизи доскладчатых покровов альбитизированных кислых эффузивов и их туфов. Формировались месторождения в основном в начальные этапы геосинклинального развития, так как дислоцированы совместно с вмещающими геосинклинальными толщами.

Салаирский баритоносный район во многом подобен Западно-Саянскому. Для него также характерны колчеданные барит-полиметаллические месторождения (Кварцитовая Сопка, Первомайское, Ново-Урское, Слепое, Александровское, Троицкое, Белоключевское, Самойловское и др.), представляющие в основном линзообразные и пластообразные (часто многоярусные) залежи, обычно согласные с вмещающими их породами, реже секущие жилы, являющиеся, очевидно, корневыми зонами согласных залежей. Рудные тела большей частью тяготеют к контакту субвулканических крупнопорфировых и излившихся мелкопорфировых кварцевых кератофиров и примыкающих к ним кварц-серицитовых, реже углистых сланцев.

Один из первых исследователей колчеданных барит-полиметаллических месторождений в Салаирском кряже М. А. Усов (1936 г.) генетически связывал их с жерловой фацией каледонских вулканов. Позднее Г. С. Лабазин, Г. Л. Поспелов и И. П. Незабытовский (1954 г.) отстаивали гидротермально-метасоматическую природу полиметаллических руд салаирских месторождений. Этой точки зрения в настоящее время придерживаются большинство исследователей.

Образование барит-полиметаллических руд в Салаирском районе происходило путем замещения метаморфизованных осадочно-вулканогенных пород, уже рассланцованных ко времени рудообразования. Полосчатость руд и тонкие прослойки сланцев в сливных рудах, а также рудные прожилки во вкрапленных рудах контролируются сланцеватостью пород.

Наиболее благоприятными для локализации рудных тел явились зоны смятия, меридиональные и поперечные к складчатости.

Пострудная тектоника не оказала существенного влияния на морфологию рудных тел. Пространственная локализация их связывается с интрузивными кварцевыми кератофирами. Эта связь заключается в следующем:

1) верхние части рудных тел, сложенные сливными рудами, обычно тяготеют к их апикальным частям или экзоконтактовым зонам. Нижние части рудных залежей входят в контуры интрузивных тел, при этом на глубоких горизонтах сливные руды постепенно переходят во вкрапленные — оруденелые кварцевые кератофиры;

2) переход от сливных руд во вкрапленные не сопровождается резким изменением формы рудного тела. Последняя с глубиной в плане постепенно изменяется от вытянутой в изометрическую.

Рудно-Алтайский баритоносный район совмещен с краевой частью среднепалеозойского эвгеосинклинального прогиба, наложенного на каледонские складчатые структуры. Породы фундамента относятся к среднему этапу развития каледонского Алтае-Саянского подвижного пояса и прорваны гранитоидными батолитами кембро-ордовикского и силурийского возраста.

Наложённый эвгеосинклинальный прогиб выполнен преимущественно морскими вулканогенно-осадочными толщами девона и нижнего карбона, образующими нижний структурный ярус герцинид. Эти толщи залегают с резким угловым несогласием на каледонском фундаменте. В течение всего среднего и позднего девона, начиная с раннего эйфеля, в эвгеосинклинальном прогибе Рудного Алтая формировалась в основном гранит-липаритовая формация. Базальтовая формация (туфы и лавы диабазов, дайки и штоки основных пород) образовывалась в более поздний период верхнего девона.

В Рудном Алтае выявлены гидротермальные, вулканогенно-осадочные и осадочные баритовые месторождения, принадлежащие в основном кварц-баритовой и колчеданной барит-полиметаллической рудным формациям. Основные промышленные запасы баритовых руд сосредоточены в колчеданных барит-полиметаллических месторождениях (Орловское, Белоусовское, Лениногорское, Зыряновское, Змеиногорское и др.). Образование этих месторождений, по представлениям А. Н. Кена и В. И. Васильева (1970), предшествовало складчатости и относится к рубежу девона и карбона (вероятнее всего в турне). По мнению других исследователей (Б. И. Вейц, 1953 г.; А. И. Семенов, 1954 г.), месторождения возникли в девоне. В настоящее время большинство исследователей считают их верхнепалеозойскими, образовавшимися после складчатости.

Известные в Рудном Алтае зоны барит-полиметаллического оруденения — Алейская, Лениногорская, Иртышская, Зыряновская — обычно находятся на окраинах внутригеосинклинальных прогибов, тяготея к антиклинориям и горст-антиклинориям девонского времени. В зонах выделяются рудные узлы, положение ко-

торых контролируется зонами доскладчатых разломов, занимающих секуще положение относительно простирания рудных зон. Рудные узлы совмещены с центрами доскладчатого вулканизма, в которых локализованы субвулканические интрузии кислого состава, серии даек, некков и штоков тех же пород. В пределах рудных узлов месторождения обособлены или образуют группы в местах пересечения рудоподводящих разрывных нарушений с системой веерообразных оперяющих их разломов.

В наиболее изученной Алейской рудной зоне выделяется пять рудных узлов: Змеиногорско-Корбалихинский, Каменско-Маслянский, Верхубинский, Шемонаихинский и Успенско-Кареленский. Барит-полиметаллические месторождения в рудных узлах представлены линзами и лентовидными залежами, согласными с напластованием вмещающих пород, чаще всего на границе нижне- и верхнеэфельских отложений. Рудные залежи (месторождения Среднее, Змеиногорское и др.) вместе с вмещающими породами смяты в флексуобразные складчатые структуры. На месторождениях Зыряновском, Корбалихинском и др. преобладают неправильной формы рудные тела, а на Стрежневском — жилы. Жилы имеют крутое падение и секут горизонты вмещающих пород. На нижних горизонтах жилы обычно сложены медно-полиметаллическими, а на верхних — барит-полиметаллическими рудами. На Корбалихинском месторождении существенно цинково-колчеданного состава рудные залежи согласны с вмещающими породами, располагаются ярусно в стратиграфическом разрезе. Нижние залежи представлены халькопирит-пиритовой рудой, средние — сфалерит-халькопирит-пирротиновой, а верхние — сфалерит-галенитовой с баритом и гипсом. Массивные руды обычно находятся на контактах известняков и подстилающих силицидов или кремнистых алевритов, прожилково-вкрапленные руды чаще всего наблюдаются в подстилающих силицидах, что свидетельствует о синхронности различных морфологических типов оруденения.

Характерной особенностью Рудно-Алтайского баритоносного района является интенсивное изменение рудовмещающих вулканогенно-осадочных толщ (окварцевание, серицитизация, хлоритизация и баритизация). Гидротермально измененные породы занимают согласное, пологосекущее, иногда перпендикулярносекущее положение к направлению рудовмещающих толщ. В строении баритоносных зон отчетливо проявлена горизонтальная зональность оруденения вкрест простирания рудных зон, характерна сравнительная однородность состава оруденения вдоль их простирания. Горизонтальная зональность внутри зон (по мере удаления от окраин поднятий в глубь прогибов) заключается в последовательной смене барит-полиметаллического оруденения с золотом и серебром колчеданно-полиметаллическим, цинково-полиметаллическим, медно-цинково-колчеданным и медно-колчеданным. Горизонтальная и вертикальная фациальная зональности руд свидетельствуют о одновременности их образования и их эпигенетической позиции относительно вмещающих отложений.

На основании изложенного формирование колчеданных барит-полиметаллических месторождений, видимо, происходило в начале раннего карбона.

### *Забайкальско-Приморская провинция*

В этой провинции выделяется три геосинклинальных цикла — каледонский, герцинский и ларамийский (мезо-кайнозойский). Эвгеосинклинального типа осадки каледонского тектоно-магматического цикла развиты в основном в Западном Забайкалье, где они представлены зеленокаменными измененными эффузивами основного состава, хлорит-серпичитовыми сланцами, кварцитами, амфиболитами верхнего протерозоя — кембрия. Осадки герцинского цикла принадлежат миеосинклинальным формациям и развиты преимущественно в Восточном Забайкалье (песчано-глинистые отложения девона и перми). Вулканогенно-терригенные толщи мезозойского цикла, являющиеся ранними геосинклинальными образованиями, широко распространены в приаргунской части Забайкалья. В других районах провинции они фиксируются в пределах узких наложенных впадин. Подобные формации вулканогенно-терригенных образований, пространственно совпадающие с зонами наиболее длительного проявления магматической активности, в ряде районов совмещены с баритоносными зонами и проявлениями преимущественно гидротермальной барит-флюоритовой минерализации.

Баритовая минерализация в Западном и Восточном Забайкалье проявлена в основном в виде кварц-барит-флюоритовых (жилы и метасоматические тела) месторождений в структурах киммерийской (доальпийской) тектоно-магматической активизации и древних консолидированных (каледониды, герциниды) структур земной коры. Кроме того, в последнее время в приморской части провинции, в пределах Центральной зоны Сихотэ-Алиня, в меловых отложениях выявлена баритовая минерализация предположительно осадочного генезиса.

Эндогенная баритовая минерализация в Забайкальско-Приморской провинции, как и многие другие полезные ископаемые, связывается с двумя интрузивными комплексами: позднеюрским, представленным в основном ультракислыми аляскитовыми гранитами, которыми преимущественно обусловлено формирование грейзеновых молибден-вольфрамовых месторождений, и поздне меловым (?), представленным в основном субщелочными гранитами и сиенитами, которым сопутствуют редкометалльные барит-флюоритовые и кварц-флюоритовые с баритом месторождения.

Выявленные в провинции кварц-барит-флюоритовые месторождения относятся преимущественно к мезо-эпитептермальным и представлены жилами выполнения и метасоматическими залежами. Жильные месторождения (Абагайтуйское, Усуглинское) обычно приурочены к крутопадающим трещинам. Пологопадающие жилы менее характерны и встречаются преимущественно в ассоциации

с метасоматическими залежами. В морфологии жил отмечается чередование раздувов и пережимов. Как правило, в раздувах локализованы более богатые руды с преобладанием флюорита, а в пережимах и на флангах жил в большей мере развиты кварц и барит. Метасоматические рудные тела обычно контролируются пологими структурами: зонами надвигов, межформационными полостями отслоения и т. п.

Особенностью кварц-барит-флюоритовых месторождений этой провинции, с одной стороны, является простой их минеральный состав (кварц, флюорит, барит, реже сульфиды свинца, цинка, ртути, мышьяка), с другой — многостадийность минералообразования. Баритовое оруденение в кварц-барит-флюоритовых телах развито почти исключительно в верхних зонах. На более глубоких горизонтах оно отсутствует, а кварц-флюоритовые рудные тела иногда заметно обогащаются сульфидами свинца и цинка.

Структурно-текстурные особенности руд кварц-барит-флюоритовых месторождений и многостадийность оруденения свидетельствуют о беспокойной тектонической обстановке их формирования, в условиях многократных и резких перепадов температуры и давления, а преобладание в верхних частях рудных тел барита — о высоком окислительном потенциале.

Характерной, хотя и не повсеместной особенностью кварц-барит-флюоритовых месторождений этой провинции является размещение их в областях развития наложенных впадин, в обстановке тектоно-магматической активизации древних консолидированных структур. Наложённые впадины обычно ограничены разломами, в зонах которых (в бортовых частях поднятий) размещаются многие крупные гидротермальные флюоритовые месторождения, в определённых частях сопровождаемые баритовой минерализацией.

## БАРИТОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ В ОБЛАСТЯХ ДРЕВНИХ ПЛАТФОРМ

Баритовые рудопоявления в областях древних платформ практически остаются не изученными. В последнее время появляются сведения о проявлении баритового оруденения в отложениях чехла и в пределах кристаллического фундамента Русской (Украинский и Кольский кристаллические массивы) и Сибирской платформ. В большинстве случаев они связываются с эпохами активизации платформ, отражающими тектоно-магматическое развитие примыкающих геосинклинальных областей в каледонское, герцинское, киммерийское и альпийское время.

Выявленные баритовые рудопоявления на платформах относятся к осадочным, осадочно-метаморфогенным и гидротермальным генетическим классам. Вмещающими баритовое оруденение на платформах являются осадочные и вулканогенно-осадочные породы чехла, кристаллические образования фундамента и карбонатитовые массивы щелочно-ультраосновных комплексов.

На этой платформе режим полной консолидации продолжался с начала палеозоя. Дальнейшее геотектоническое развитие Русской платформы представляется в следующем виде. Прогибание ее началось в Прибалтике в начале кембрия и связано с каледонскими орогеническими движениями в примыкающих подвижных поясах. В образовавшемся прогибе в раннем кембрии отлагались терригенные породы, а в силуре — преимущественно известняки и доломиты. В кембро-силурийское время отмечается поднятие Украинского массива и Балтийского щита. В герцинском цикле с орогенцией Уральской геосинклинальной области совпадает образование Донецкого и Предуральского прогибов. С начала юры прогибание Русской платформы синхронно с развитием Кавказской геосинклинали. В лейасе трансгрессия захватила Урало-Эмбинский район и Днепровско-Донецкую область, а к началу поздней юры — большую часть платформы. Со второй половины мелового периода резко расширился Днепровско-Донецкий прогиб. В четвертичное время происходит общее поднятие Русской равнины и она становится областью размыва.

В осадочных породах, перекрывающих докембрийское кристаллическое основание Русской платформы, баритовое оруденение зафиксировано в Рязано-Саратовском (в цементе туфогенных песчаников мела) и в Камско-Бельском (в терригенно-карбонатных породах рифея) районах, а также в пределах Предуральского прогиба (в известняках и доломитах среднего и верхнего девона) и в Прибалтийском прогибе (мраморизованные известняки кембрия).

Наличие в Предуральском прогибе сравнительно крупного баритового Пальникского месторождения осадочного генезиса выдвигает этот район в один из перспективных. Заслуживает также внимания в Прибалтийском районе уже отработанное Оленегорское баритовое метаморфогенно-осадочное месторождение, приуроченное к «загрязненным» доломитам кембрия.

Гидротермальные рудопроявления барита известны в пределах кристаллических массивов Карелии (Кандалакшский берег, р. Поной и др.) и на Украине (Среднее Приднестровье) среди гранитов, мигматитов, гранодiorитов и биотитовых гнейсов. Гидротермальные проявления барита выявлены также в осадочных отложениях чехла (район р. Верхняя Кица, Терский берег на Кольском полуострове, Собское, Хаишское в Коми АССР, в Джуриин-Немиров-Ильинецком и Верхнебугском разломах на Украине), а также в карбонатитовых массивах Вуориярви и Салланлатвинском на Кольском полуострове.

Наиболее благоприятными геотектоническими структурами для образования осадочных месторождений барита на Русской платформе представляются подвижные ее части, непосредственно примыкающие к смежным складчатым областям каледонских и герцинских подвижных областей. С завершающими этапами этих тек-

тоно-магматических циклов, очевидно, следует связывать гидротермальные проявления барита, в том числе и в карбонатитовых массивах.

### *Сибирская платформа*

В фундаменте и чехле этой платформы и в ее краевых складчатых структурах выявлены многочисленные рудопроявления барита разного возраста. Барит здесь концентрируется в карбонатитовых массивах в гидротермальных жилах среди палеозойских и мезозойских осадочных пород чехла (в бассейнах Чуни, Нижней Тунгуски и других местах). Осадочный барит встречен в карбонатных и мергелисто-карбонатных породах кембрия, ордовика и силура.

Из многочисленных рудопроявлений барита на Сибирской платформе первоочередной интерес представляют массивы щелочно-ультраосновных пород и карбонатитов, содержащие стронций, барий и ряд других полезных ископаемых. Не меньший интерес на барит, по-видимому, могут представлять стратиформные залежи руд свинца и цинка, широко развитые в верхнепротерозойских отложениях складчатого обрамления платформы (месторождения Горевское в Енисейском кряже, Таежное, Барвинское и др. в Прибайкалье). Свинцово-цинковое оруденение встречается в карбонатно-терригенных толщах верхнего докембрия — нижнего палеозоя в Восточном Забайкалье и на территории Иркутского амфитеатра в ордовикских терригенно-карбонатных отложениях. Эти проявления в той или иной мере изучались на свинец и цинк, а на барит остаются не оцененными. Наиболее широко баритовое оруденение проявлено в карбонатитах и эндогенных карбонатных породах Восточной Сибири (Восточные Саяны, Маймечка-Котуйская провинция, Алданский щит и его складчатое обрамление).

Содержание стронция и бария в эндогенных карбонатных породах возрастает по мере падения температуры и давления их образования, а также кислотности гипогенного процесса. Поэтому по величине содержания бария и стронция в минералах (Ю. Ю. Воробьев, 1971 г.) можно уверенно выделить разные их генерации, а соответственно и типы пород, перспективные на баритовое оруденение. Снижение температуры и щелочности растворов и увеличение окислительного потенциала служит причиной возрастания активности иона  $SO_4^{2-}$ , попутного увеличения концентрации ионов бария, стронция и редких земель, что приводит к появлению барита, стронциевых и бариевых разновидностей редкоземельных фторкарбонатов и общему накоплению стронция и бария в поздних анкеритовых и доломитовых карбонатитах.

В заключение отметим, что гидротермальная баритовая минерализация (в том числе и в карбонатитах) на Сибирской платформе связывается не только с каледонской, но и с киммерийской эпохой ее тектоно-магматической активизации, в то время как на Русской платформе образование баритовых карбонатитовых массивов и кварц-баритовых жил связывается главным образом с эпохой герцинской тектоно-магматической активизации.

Настоящая тема объединяет три вопроса: геолого-промышленная характеристика промышленных баритовых месторождений Советского Союза, поисковые критерии ведущих промышленно-генетических типов баритовых месторождений и перспективы развития минерально-сырьевой базы баритовой промышленности СССР.

### **Геолого-промышленная характеристика баритовых месторождений**

Критерием учета промышленных запасов барита является себестоимость получения его концентрата (содержание  $BaSO_4$  в концентрате колеблется от 80 до 98%) из руд собственно баритовых или комплексных месторождений.

В США в 1971 г. средняя цена 1 т необработанного товарного барита для химической и стекольной промышленности, отсортированного вручную, составляла 24,8—27,0 долларов, а барита, отсортированного магнитной флотацией, 28,7—29,2 доллара. Цена 1 т барита для нефтедобывающей промышленности на мировом рынке от 19,8 до 24,2 доллара. Стоимость 1 т обработанного барита в США колеблется от 40,8 до 87 долларов, а в Великобритании от 69,2 до 76,8 доллара.

Предприятия СССР, разрабатывающие баритовые месторождения, выпускают товарный барит трех разновидностей: кусковой, молотый и в виде концентрата (требования к ним изложены в разделе «Использование баритового сырья и основные требования промышленности»). В зависимости от количественных соотношений главных рудных и нерудных минералов, а также технологии извлечения из руд барита все баритовые месторождения подразделяются на собственно баритовые и комплексные.

К собственно баритовым относятся месторождения, в которых барит является единственным полезным компонентом. Представлены они в основном гидротермальными и осадочными генетическими классами, реже гипергенными, а по форме залегания — жилами, пластообразными, линзообразными телами и брекчиевидными зонами. По минеральному составу руды на собственно баритовых месторождениях подразделяются на: мономинеральную баритовую руду, содержание  $BaSO_4$  в которой достигает 98% (некоторые месторождения Грузии, Казахстана); барит-витерито-

вую с содержанием  $BaSO_4$  более 60%, а  $BaCO_3$  более 15% (некоторые месторождения Туркмении); кварц-баритовую и кальцит-кварц-баритовую с содержанием барита более 50%, кремнезема до 50% и кальцита до 15%. Во всех этих рудах встречаются примеси сульфидов, флюорита и других минералов (некоторые месторождения Сибири, Кавказа, Центрального Казахстана); глинистую и песчанистую баритовую с содержанием  $BaSO_4$  от 22 до 55%, иногда со значительным содержанием окислов железа (до 20% и более). Эти руды характерны для месторождений остаточно-инфильтрационного типа (Медведевское в Челябинской области, Джалаирское в Центральном Казахстане, Салаирское в Кемеровской области). В перечисленных типах руд барит обычно легко отделяется от вмещающих пород методами гравитационного или флотационного обогащения.

По запасам руд собственно баритовые месторождения подразделяются: на весьма крупные (более 5 млн. т), крупные (от 0,5 до 5 млн. т), средние (от 0,1 до 0,5 млн. т) и мелкие (менее 0,1 млн. т).

Из комплексных баритовых месторождений барит извлекается как попутный компонент. Относятся они в основном к карбонатитовым, гидротермальным и вулканогенно-осадочным генетическим классам и представляют собой сложные по морфологии жилы, пластообразные и линзообразные метасоматические залежи и другие тела (пласты, линзы, жилы, зоны, штокерки и т. п.).

По минеральному составу комплексные баритовые месторождения подразделяются на колчеданные, барит-колчеданные, барит-полиметаллические, кварц-барит-флюоритовые и редкометалльно-барит-флюорит-железородные. Первые три типа объединяются в одну сульфидно-баритовую группу.

В настоящее время в Советском Союзе в промышленных запасах (88%) и добыче (92,1%) барита преобладают комплексные месторождения. Руды эти по геологическим условиям образования и минеральному составу подразделяются на колчеданные барит-полиметаллические (запасы 35%, добыча 13,4%) и барит-полиметаллические (запасы 53%, добыча 78,7%).

В комплексных сульфидно-баритовых месторождениях иногда встречаются собственно баритовые руды. Последние, как правило, слагают обособленные рудные тела. Содержание барита в сульфидно-баритовых рудах колеблется от 5 до 70%, а в собственно баритовых от 50 до 90%. Барит из сульфидно-баритовых руд обычно извлекается как попутный компонент селективной флотацией наряду с медным, цинковым, свинцовым и другими концентратами.

Содержание барита в кварц-барит-флюоритовом типе руд (некоторые месторождения Забайкалья, Средней Азии, Казахстана) колеблется от 5 до 30%, а флюорита от 15 до 50%. Эти месторождения в Советском Союзе на барит пока что не разрабатываются, так же как и редкометалльно-барит-флюорит-железородные.

По запасам барита комплексные баритовые месторождения могут быть подразделены на весьма крупные, крупные, средние и мелкие (менее 1 млн. т).

В последнее время стали привлекать к себе внимание некоторые техногенные концентрации барита (эфельные отвалы Салаирского прииска), а также возросло повторное использование барита, извлеченного из глинистого раствора после проходки буровых скважин.

Запасы баритовых руд до 1942 г. не учитывались. Добыча барита велась только из жильных собственно баритовых месторождений и составляла в 1941 г. 203,4 тыс. т, а в 1942 г. 120,7 тыс. т баритовой руды с содержанием  $BaSO_4$  более 50%. С 1942 г. начаты учет запасов и добыча баритовых руд как попутного компонента из комплексных месторождений.

На начало 1975 г. в Советском Союзе зафиксировано около 1000 рудопроявлений барита, из них разведочные работы проведены только на 150. Особое внимание после Отечественной войны было обращено на комплексные сульфидно-баритовые месторождения. Запасы и добыча барита по этим месторождениям к 1975 г. увеличились (по отношению к запасам и добыче собственно баритовых руд в 1950 г.) соответственно в 11,8 и 20,2 раза. Распределение запасов и добычи баритовых и баритосодержащих руд по республикам на 1/I 1974 г. приведено в табл. 14.

Таблица 14

Распределение запасов и добычи баритовых и комплексных баритосодержащих руд по республикам на 1/I 1974 г., %

Республика	Баритовые руды		Баритосодержащие руды	
	Запасы	Добыча	Запасы	Добыча
Казахская . . . . .	49,8	—	78,9	86,8
Российская . . . . .	32,1	66,0	14,1	11,6
Грузинская . . . . .	17,9	27,6	1,8	1,6
Армянская . . . . .	0,2	6,4	—	—
Украинская . . . . .	—	—	0,7	—
Узбекская . . . . .	—	—	4,5	—

Разведанные промышленные запасы собственно баритовых и сульфидно-баритовых руд на территории СССР распределены неравномерно. Районы добычи руд удалены от районов потребления барита (нефтяных районов Кавказа, Западного Приуралья, Средней и Нижней Волги, Западной Сибири), а также от районов нахождения соответствующих предприятий химической промышленности (центральные области европейской части СССР).

Эксплуатируемые собственно баритовые месторождения с высококачественным баритом обеспечивают получение кускового барита или гравиоконцентрата, пригодного для химической промыш-

ленности. Из руд сульфидно-баритовых месторождений извлекают баритовый флотоконцентрат, который используется для удовлетворения нужд нефтяной и газовой промышленности.

Несмотря на ежегодный рост добычи баритовых руд, а также производство баритового концентрата (с 459,2 тыс. т в 1966 г. до 1312,0 тыс. т в 1975 г.), достигнутые объемы производства баритового концентрата не обеспечивают потребности в нем промышленности. Для удовлетворения потребности в барите различных отраслей народного хозяйства требуется значительное увеличение производства баритового концентрата. В связи с этим важное значение приобретает оценка прогнозных запасов барита в баритосодержащих рудах в известных и перспективных районах страны. Распределение разведанных запасов барита в баритосодержащих рудах различных генетических типов и прогнозные запасы по группам приведены в табл. 15.

Учитывая задачи по реализации прогнозов, необходимо подчеркнуть главнейшие особенности разведки баритовых месторождений. Разведка промышленных баритовых месторождений производится обычно буровыми скважинами в сочетании с горными выработками. Ориентировочные расстояния между разведочными выработками с учетом морфологического оруденения и заданной категории разведываемых запасов в соответствии с инструкцией ГКЗ СССР приведены в табл. 16.

Обычно горные выработки (канавы, шурфы, рассечки) применяются для разведки баритовых месторождений на выходах. Подземные горные выработки проходятся для прослеживания рудных тел по простиранию и падению с целью уточнения их внутреннего строения, а также для отбора технологических проб. Нижние горизонты баритовых месторождений изучаются скважинами колонкового бурения. Во всех случаях разведочные выработки должны пересекать полную мощность баритоносных рудных тел. При наличии избирательного истирания зерна результаты зернового опробования должны быть сопоставлены с данными опробования горных выработок, шлама и мути. При низком выходе зерна (ниже 75%) или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, вместо колонковых скважин проходятся горные выработки, обеспечивающие получение надежных данных.

Опробование баритоносных рудных тел в горных выработках и обнажениях производится бороздой. Сечение борозд в зависимости от минерального состава руд колеблется от  $3 \times 5$  см (для собственных баритовых месторождений) до  $5 \times 10$  см (для комплексных сульфидно-баритовых и др.). В канавах и шурфах кроме руд в коренном залегании опробованию подвергаются и продукты их выветривания. Керна буровых скважин опробуется по всему сечению рудных тел и измененных вмещающих пород, а также на участках пород, в которых возможно проявление барита и виверита. Опробование подземных горных выработок, пересекающих залежь по мощности, должно производиться непрерывной бороздой по одной

Таблица 15

Ученные общие запасы барита на 1/1 1974 г. в баритосодержащих рудах и прогнозная оценка их, млн. т

Экономический район	Основной промышленно-генетический тип месторождений	Тип руд	Учитываемые общие запасы	Прогнозные запасы по группам			Общая оценка возможных запасов
				I	II	III	
Северо-Западный	Осадочно-вулканогенный Карбонатитовый	Баритовый и барит-железородный Баритовый и барит-карбонатитовый	—	4,0	1,0	3,0	8,0
			—	0,5	0,5	1,0	2,0
		Итого . . .	—	4,5	1,5	4,0	10,0
Уральский	Вулканогенно-осадочный  Осадочный  Гидротермально-метасоматический	Колчеданный барит-полиметаллический Баритовый и кварц-баритовый Баритовый и барит-железородный	1,2	2,0	1,0	1,5	5,7
			—	1,3	2,0	2,0	5,3
			1,4	1,0	1,0	2,0	5,4
		Итого . . .	2,6	4,3	4,0	5,5	16,4
Западно-Сибирский	Вулканогенно-осадочный  Гидротермально-метасоматический Гипергенный  Техногенный	Колчеданный барит-полиметаллический Баритовый и барит-полиметаллический Баритовая сыпучка, барит-кварцевый и глинисто-барит-железородный Барит-глинистый и кварц-баритовый	10,1	5,0	2,0	3,0	20,1
			1,1	0,5	1,0	1,0	3,6
			5,8	1,0	2,0	1,0	9,8
			0,4	0,1	—	—	0,5
		Итого . . .	17,4	6,6	5,0	5,0	34,0
Восточно-Сибирский	Карбонатитовый  Вулканогенно-осадочный  Осадочный и осадочно-вулканогенный	Флюорит-барит-железородный Колчеданный барит-полиметаллический Баритовый и барит-полиметаллический	25,2	2,0	1,0	3,0	31,2
			1,0	0,5	0,5	1,0	3,0
			—	3,7	2,0	3,0	8,7
		Итого . . .	26,2	6,2	3,5	7,0	42,9

Продолжение табл. 15

Экономический район	Основной промышленно-генетический тип месторождений	Тип руд	Учитываемые общие запасы	Прогнозные запасы по группам			Общая оценка возможных запасов
				I	II	III	
Дальневосточный	Осадочный и осадочно-вулканогенный	Баритовый и барит-полиметаллический	—	—	1,5	1,5	3,0
Северо-Кавказский	Гидротермальный Вулканогенно-осадочный	То же Колчеданный барит-полиметаллический	—	0,5	0,2	0,5	1,2
			—	—	1,0	1,0	2,0
		Итого . . .	—	0,5	1,2	1,5	3,2
Закавказский	Гидротермальный и гидротермально-метасоматический  Вулканогенно-осадочный	Баритовый, барит-кальцитовый и барит-полиметаллический Колчеданный барит-полиметаллический	5,5	0,5	1,5	2,0	9,5
			1,4	2,0	1,0	1,0	5,4
		Итого . . .	6,9	2,5	2,5	3,0	14,9
Юго-Западный	Гидротермальный  Вулканогенно-осадочный	Баритовый и барит-полиметаллический Колчеданный барит-полиметаллический	1,8	1,0	0,5	0,5	3,8
			—	—	—	2,0	2,0
		Итого . . .	1,8	1,0	0,5	2,5	5,8
Казахстанский	Осадочный Осадочно-вулканогенный  Вулканогенно-осадочный и гидротермальный Гидротермальный	Баритовый и кварц-баритовый Баритовый и барит-полиметаллический Баритовый и колчеданный барит-полиметаллический Баритовый и кварц-баритовый	—	6,5	2,0	1,0	9,5
			15,3	8,0	5,0	10,0	38,3
			116,0	30,0	20,0	50,0	216,0
			4,2	1,0	2,0	3,0	10,2
		Итого . . .	135,5	45,5	29,0	64,0	274,0

Экономический район	Основной промышленно-генетический тип месторождений	Тип руд	Учитываемые общие запасы	Прогнозные запасы по группам			Общая оценка возможных запасов
				I	II	III	
Средне-азиатский	Осадочно-вулканогенный	Баритовый и барит-полиметаллический	4,7	0,3	1,0	5,0	11,0
	Вулканогенно-осадочный	Колчеданный барит-полиметаллический	—	—	—	5,0	5,0
	Гидротермальный	Баритовый, барит-витеритовый, кварц-баритовый	—	—	—	1,0	1,0
		Итого . . .	4,7	0,3	1,0	11,0	17,0
Всего по СССР В том числе:	Осадочный	Баритовый и кварц-баритовый	195,1	71,4	49,7	105,0	421,2
	Осадочный и осадочно-вулканогенный	Баритовый и барит-полиметаллический	—	7,8	4,0	3,0	14,8
	Вулканогенно-осадочный и гидротермальный	Колчеданный барит-полиметаллический и баритовый	20,0	16,0	10,5	22,5	69,0
	Гидротермальный (жильный и метасоматический)	Баритовый, барит-кальцитовый, барит-полиметаллический	129,7	39,5	25,5	64,5	259,2
	Карбонатитовый (гидротермально-плутогенный)	Барит-флюорит-железорудный	14,0	4,5	6,2	10,0	34,7
	Гипергенный (баритовая сыпучка)	Кварц-баритовый, барит-глинисто-железорудный	25,2	2,5	1,5	4,0	33,2
	Техногенный	Барит-кварцево-глинистый	5,8	1,0	2,0	1,0	9,8
			0,4	0,1	—	—	0,5

Примечание. В I группе учитываются прогнозные запасы по известным месторождениям, во II — прогнозные запасы за счет открытия новых месторождений в районах с известными месторождениями и в III — прогнозные запасы в районах, в которых еще нет промышленных месторождений, но имеются геологические предпосылки.

Густота разведочной сети на баритовых месторождениях в зависимости от морфологии рудных тел

Морфологический тип баритовых месторождений	Виды выработок	Расстояние между выработками в м для категорий					
		А		В		С <sub>1</sub>	
		по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
Крупные пластообразные и линзообразные залежи, относительно выдержанные по мощности и содержанию барита	Горные выработки	40—50	40—50	80—100	40—50	120—150	80—100
	Буровые скважины	—	—	40—50	40—50	80—100	80—100
Крупные жилы, зоны дробления и субпараллельные жилы, рудные столбы, относительно выдержанные по мощности и содержанию барита	Горные выработки	20—40	40—50	40—80	40—50	80—120	80—100
	Буровые скважины	—	—	20—40	40—50	40—60	80—100
Отдельные жилы и зоны дробления, не выдержанные по мощности и содержанию барита	Горные выработки	—	—	40—50	40—50	80—100	40—50
	Буровые скважины	—	—	—	—	40—50	40—50
Месторождения выветривания и элювиально-делювиальные россыпи	Шурфы или буровые скважины	25—35	25—35	50—70	50—70	100—140	100—140

из стенок выработки. Выработки, проходимые по простиранию залежи, должны быть опробованы в забое. Расстояние между опробованными забоями не должно превышать 10—20 м. Все отобранные пробы подвергаются химическому анализу. При этом существенно баритовые, кварц-баритовые, железо-баритовые, глинисто-баритовые и песчано-баритовые породы анализируются на содержание  $\text{BaO}$ ,  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; для виверитсодержащих пород дополнительно определяется  $\text{CO}_2$ . В кальцит-баритовых и флюорит-баритовых породах кроме указанных компонентов определяется содержание  $\text{CaO}$  и  $\text{CaF}_2$ , а в сульфидно-баритовых —  $\text{Pb}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Mn}$  и других элементов в зависимости от установленного минерального состава баритоносной породы. Содержание других компонентов, лимитирующих качество товарного барита ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , растворимые соли и т. п.), обычно устанавливается в концентрате, получаемом после обогащения групповых или технологических проб.

### **Поисковые критерии ведущих промышленно-генетических типов баритовых месторождений**

Поисковые и оценочные критерии на баритовое оруденение остаются недостаточно разработанными. Нами предпринята попытка подчеркнуть наиболее общие поисковые и оценочные критерии перспективных баритоносных площадей и отдельных ведущих промышленно-генетических типов месторождений. Основывается она на анализе и обобщении большого материала по разведке и эксплуатации наиболее крупных и уникальных баритовых месторождений.

Среди крупных месторождений барита может быть выделено шесть промышленно-генетических групп:

1. В большинстве своем осадочные, еще не получившие окончательной оценки баритовые месторождения, развитые в миогеосинклиналиях (Кужинское на Южном Урале, Толчинское в Красноярском крае, Чиганакское в Южном Казахстане и др.). Запасы их от 2—3 до 10 млн. т барита.

2. Осадочно-вулканогенные стратиформные барит-полиметаллические месторождения, развитые в наложенных геосинклинальных трогах без существенного проявления вулканизма в бассейнах рудонакопления (Уч-Кулачское в Узбекской ССР, Миргалимсайское в Южном Казахстане). Запасы разведанных месторождений колеблются от 5 до 12 млн. т барита. На долю этих месторождений приходится 10,2% общих запасов барита от учтенных в стране и 28,2% добычи.

3. Вулканогенно-осадочные стратиформные барит-полиметаллические месторождения (Туюкское, Майкаинское, Узенжальское, Бестюбинское, Карагайлинское и другие в Центральном Казахстане), расположенные в наложенных геосинклинальных трогах с существенным проявлением вулканизма, совмещенные с ореолами

более поздней плутогенной и гидротермальной деятельности. Учитываемые суммарные запасы барита в рудах таких месторождений колеблются от 1 до 40 млн. т. На долю этих месторождений приходится 55,5% общесоюзных запасов барита и 45,3% общесоюзной добычи.

4. Вулканогенно-осадочные колчеданные барит-полиметаллические месторождения (Кварцитовая Сопка и Ново-Урское в Салаирском кряже, Кызыл-Таштыгское в Тувинской АССР, Маднеульское в Грузинской ССР, Орловское и Белоусовское в Рудном Алтае, Молодежное на Южном Урале и др.), локализованные в субмаринных спилито-кератофировых или диабазо-альбитофировых вулканических формациях эвгеосинклинальных зон. Учтенные суммарные запасы барита в рудах отдельных месторождений колеблются от 1 до 13 млн. т. На долю этих месторождений приходится 12,4% общесоюзных запасов барита и 17,1% общесоюзной добычи.

5. Гидротермальные баритовые и барит-полиметаллические месторождения (Чордское и Апшринское в Грузинской ССР, Медведевское на Южном Урале, Жалаирское в Центральном Казахстане, Белореченское на Северном Кавказе, Беганьское в Закарпатье и др.), пространственно ассоциирующие со сложными вулканогенно-интрузивными комплексами среднего и кислого состава. Учитываемые суммарные запасы барита в рудах отдельных месторождений колеблются от 1,5 до 4,5 млн. т. На долю этих месторождений приходится 6% общесоюзных запасов и 1,9% общесоюзной добычи.

6. Плутогенно-гидротермальные барит-флюорит-железорудные месторождения (Карасукское и др.), связанные с щелочно-габбродидными комплексами. Забалансовые запасы барита в рудах Карасукского месторождения около 25 млн. т.

Кроме перечисленных могут быть выделены гипергенные баритовые руды (баритовая сыпучка) на колчеданных барит-полиметаллических месторождениях, суммарные запасы барита в которых изменяются от 1 до 6 млн. т.

В перечисленных крупных баритовых месторождениях сосредоточено 97,4% общих запасов барита и на их долю приходится 89,2% общесоюзной добычи.

Из изложенного видно, что промышленные концентрации барита связываются как с циклами седиментации и диагенеза осадочных пород, так и с гидротермальной деятельностью, вызванной плутогенными и вулканогенными процессами. Баритовые месторождения различны по возрасту и встречаются среди докембрийских, каледонских, герцинских, киммерийских и альпийских образований. Одни и те же промышленно-генетические группы баритовых месторождений повторяются в каждой геологической эпохе, хотя промышленное значение в каждой из них обычно имеет какой-нибудь один генетический класс.

При прогнозной оценке площадей на баритовое оруденение (для каждого промышленно-генетического типа) учитывается оп-

ределенный комплекс региональных (металлогенические, магматические, структурно-фациальные и др.) и локальных (минеральный состав, морфология рудных тел, стратиграфический, структурный, литологический, палеогеографический контроль оруденения, околорудные изменения и др.) поисковых критериев и признаков.

Региональные поисковые критерии локализации баритового оруденения определяются с позиции истории развития конкретной геологической структуры, определяющей возникновение вероятного типа оруденения в определенном металлогеническом поясе, зоне. Такие критерии могут быть положены в основу прогноза новых рудных районов и поисков новых рудных полей.

Локальные поисковые критерии учитывают прямые или косвенные признаки наличия конкретного промышленно-генетического типа баритового оруденения в известных или намечаемых рудных районах и полях и используются при поисках конкретных месторождений и рудных тел.

Далее коротко рассмотрены региональные и локальные поисковые критерии и признаки для основных промышленно-генетических типов баритовых месторождений.

#### *Класс осадочных и осадочно-вулканогенных баритовых месторождений*

Эти месторождения широко распространены как в платформенных чехлах, так и в геосинклинальных трогах. В платформенных чехлах промышленных осадочных месторождений пока не известно; в миогеосинклиналях осадочное (хемогенное) баритонакопление по палеогеографическим признакам ограничено прибрежно-морскими терригенно-карбонатными формациями. Барит в осадочных месторождениях связан как с терригенным, так и с вулканогенным осадконакоплением многих геологических эпох и фиксируется в различных структурно-фациальных зонах (эвгеосинклинальных, миогеосинклинальных, наложенных геосинклинальных трогах).

При поисках баритовых месторождений осадочного генезиса должны учитываться следующие основные локальные поисковые критерии: связь оруденения с установленными циклами седиментации, стратиграфический, литологический и структурный контроль оруденения. Максимальное накопление барита в осадочных толщах, как правило, связано с началом максимальной трансгрессии, наступающей после накопления грубообломочных осадков, сменившихся затем терригенно-глинистыми и хемогенными.

В том или ином регионе рудопроявления барита тяготеют к определенным стратиграфическим уровням. Подавляющее большинство их приходится на относительно узкий интервал мощностей стратиграфического разреза — от первых метров до 500 м. Осадочные и осадочно-вулканогенные баритовые месторождения в основном образуют стратифицированные залежи. Так, например,

на Южном Урале, в Башкирской баритоносной зоне, выделяется два основных стратиграфических горизонта (катаскинский и лемезинский), внутри которых локализуются практически все известные месторождения и рудопроявления барита. Подмечено, что вкрест простирания внутригеосинклинальных поднятий (вглубь смежных прогибов) баритовое рудопоявление «скользит» вверх по стратиграфическому разрезу. Если же образование осадочных толщ происходило при сопутствующих блоковых движениях фундамента, то отложение барита в пределах разных блоков фиксируется на разных стратиграфических уровнях. Так, в Рудном Алтае баритовое оруденение устанавливается среди морских отложений девона (и далее по направлению внутригеосинклинального поднятия) — в живетском, франском и фаменском ярусах; в додевонском фундаменте отмечаются лишь корневые жилы, фиксирующие рудоподводящие каналы.

Литологический контроль оруденения находится в тесной связи со стратиграфическим положением баритоносных горизонтов. Выделяются два литологических типа рудолокализирующих пород: карбонатные с повышенным содержанием железа (железистые доломиты и анкериты) и песчано-глинистые с обильными органическими остатками. Благоприятными для локализации оруденения являются слои, относительно выдержанные по простиранию и падению. В толщах с тонкопереслаивающимися литологическими разностями пород (песчаники, алевролиты, глинистые сланцы) баритовые рудопоявления практически не встречаются. Баритоносные песчаники обычно содержат незначительные примеси аркозового материала и имеют преимущественно мономинерально-кварцевый состав.

Морфология рудных тел преимущественно пластовая, но иногда сопровождается прожилково-вкрапленной минерализацией.

### *Класс вулканогенно-осадочных и вулканогенных баритовых месторождений*

Этот генетический класс объединяет большую группу стратиформных образований, генетически и пространственно связанных с осадконакоплением и вулканизмом, протекавших на дне геосинклинальных или платформенных морей.

По геотектоническим условиям образования и минералого-геохимическим особенностям промышленные баритовые месторождения вулканогенно-осадочного класса разбиты на две большие группы: колчеданные барит-полиметаллические и барит-полиметаллические. Основное отличие колчеданных барит-полиметаллических месторождений от барит-полиметаллических заключается в том, что первые образовались главным образом в доскладчатый этап развития эвгеосинклиналей, а вторые в средние и поздние этапы геосинклинального развития, в том числе в чехлах примыкавших частей платформ.

**Колчеданные барит-полиметаллические месторождения.** Среди поисковых критериев этих месторождений важное значение имеют: геоструктурный, стратиграфический, магматический, минералогический, геохимический, литологический и структурный. Что касается геоструктурного контроля оруденения, то главнейшие закономерности те же, что и для колчеданных месторождений, образовавшихся среди субмаринных спилито-кератофировых или диабазо-альбитофировых вулканогенных формаций. Месторождения колчеданной формации формировались на протяжении всей геологической истории, особенно в связи с эвгеосинклинальными зонами каледонских и герцинских подвижных поясов.

В Советском Союзе выделяется ряд провинций колчеданного барит-полиметаллического оруденения: на Южном и Среднем Урале, в Передовом хребте Кавказа и Алтае-Саянской складчатой области. Накопление вулканитов в каждой из них охватывает несколько вулканических циклов. Каждый вулканический цикл обычно начинался излиянием основных лав — базальтов и завершался кислыми вулканитами. Среди вулканитов ранних циклов устанавливаются отложения мелкообломочных туффов, яшм и известняков. Становление субвулканических тел, с которыми непосредственно связывается локализация гидротермалитов, завершает определенные циклы вулканической деятельности. Важными поисковыми критериями рудных залежей при этом выступают: близость их к вулканическим центрам — неккам, субвулканическим телам, жерловинам; неоднородность строения субвулканических тел, указывающая на пульсационность поступления расплавов и обогащенность их газово-жидкими фазами; наличие признаков эксгалиционно-осадочных процессов; неоднородность разреза — чередование кислых и основных вулканитов; наличие поперечных структур синхронного с вулканитами формирования.

Колчеданные барит-полиметаллические месторождения образуют в основном стратиформные залежи, закономерно располагающиеся в определенных частях стратиграфического разреза. Обычно наиболее благоприятными для оруденения представляются разрезы, состоящие из переслаивания (в различных сочетаниях) нормально осадочных и вулканогенных отложений кислого состава при минимальном количестве вулканитов среднего и основного состава. Месторождения формируются в стратиграфических разрезах, в которых осадочные породы (особенно рифогенные известняки) заметно преобладают над вулканитами. Разрезы с преобладанием лав, туфов и субвулканических тел среднего и основного состава малоблагоприятны для рудоотложения.

Процесс рудообразования в колчеданных барит-полиметаллических месторождениях был длительным, иногда на протяжении полной геологической эпохи.

Наиболее благоприятными для обнаружения колчеданных барит-полиметаллических месторождений являются площади, на которых устанавливается пространственное совмещение эксгалиаци-

онно-осадочных и гидротермально-метасоматических процессов, протекавших в благоприятных геологических условиях, под экранирующими горизонтами.

Литологический контроль оруденения в колчеданных барит-полиметаллических месторождениях значительно менее определен, чем в осадочных. Богатое оруденение локализуется чаще всего в пористых породах (туфопесчаниках), органогенных известняках и сланцах, обогащенных органическим веществом. Благоприятную роль при локализации оруденения играют определенного типа литологические экраны: лавовые потоки или силлы, пакки и горизонты кремнистых сланцев, окремненные туффиты, известняки и другие малопроницаемые породы.

Структурный контроль (особенно дорудные и предрудные нарушения) оказывает исключительно важное влияние на локализацию оруденения. Ведущая роль принадлежит:

1) долгоживущим разломам глубокого заложения, играющим роль региональных рудоконтролирующих структур и контролирующих размещение вулканических построек и поясов субвулканических тел;

2) локальным предрудным разрывам, выраженным в зонах рассланцевания и будинажа или зонах мелкоблоковой тектоники. Крупные месторождения обычно приурочены к участкам сочленения разнонаправленных предрудных нарушений в сочетании с благоприятными в литологическом отношении экранирующими породами;

3) повторяемости в стратиграфическом разрезе благоприятных для замещения литологических горизонтов, экранов и тектонических структур, определяющих иногда многоярусное размещение рудных залежей и их морфологию.

Многие доскладчатые колчеданные барит-полиметаллические месторождения первоначально представляли собой пологолежащие, обычно согласные с вмещающими породами рудные залежи пластообразной, линзообразной, лентообразной и более сложной формы. Для промышленных месторождений по морфологии наиболее характерны следующие рудные тела:

1) пластовые и пластообразные залежи в горизонтах, пронизываемых для растворов, и зонах межпластовых деформаций. Наиболее крупные рудные тела обычно тяготеют к прикровельным частям разреза кислых вулканитов;

2) сундучные залежи с пологими верхними и нижними ограничениями и крутыми боковыми ограничивающими поверхностями, тяготеющие к сводам вулканических построек. Верхние границы рудных тел располагаются вблизи кровли из кислых вулканитов, нижние осложнены отходящими вдоль рудовмещающих разломов апофизами, опускающимися на глубины в несколько сот метров;

3) воронкообразные тела, обращенные раструбами вверх, обычно совмещенные с жерловинами палеовулканов;

4) тела сложной формы, в которых сочетаются секущие жилы

и согласные пластообразные залежи. Жилообразные секущие тела фиксируют рудоподводящие каналы, а пластовые залежи располагаются на уровнях литологически благоприятных горизонтов. Рудные тела сложной формы обычно совмещены с долгоживущими кратерными зонами палеовулканов, трассирующих разломы глубокого заложения. Все крупные колчеданные барит-полиметаллические месторождения имеют сложную морфологию рудных тел.

Залежи прожилково-вкрапленных или прожилково-штоковерковых руд обычно наложены на автобрекчиевые субвулканические интрузии, тяготея к их контактам и зонам интенсивного прерудного дробления и рассланцевания. Этот тип руд редко имеет самостоятельное промышленное значение. В большинстве случаев он представляет собой один из морфологических элементов сложных залежей.

В отличие от осадочных вулканогенно-осадочные месторождения обычно сопровождаются гидротермально измененными вмещающими породами. В строении ореола гидротермально измененных пород, чаще всего в их поперечном сечении, отмечается следующая зональность: в центральной зоне — вторичные кварциты, кварц-серицитовые и серицит-кварцевые породы и сланцы, хлорит-серицитовые, кварцевые и хлоритовые породы и сланцы; во внешних зонах проявлена альбитизация и эпидотизация, гематитизация, баритизация и карбонатизация первичных пород. К кварцевым и серицит-кварцевым метасоматитам избирательно приурочиваются интенсивные ореолы кобальта и молибдена, к хлоритовым метасоматитам — цинка, свинца и мышьяка, а к зонам гематитизации и баритизации — бария.

В целом геохимическая зональность на колчеданных барит-полиметаллических месторождениях определяется сменой различных ассоциаций элементов от тыловых зон к внешним:  $Mo$  —  $(Mo + Co)$  —  $(Cu + Mo + Co)$  —  $(Zn + Cu + Co + Mo)$  —  $(Pb + Zn + Cu + Co + Mo + Ba)$  —  $(Pb + Zn + Cu + Ba)$  —  $(Cu + Zn)$ .

Таким образом, основой планирования поисковых работ на колчеданное барит-полиметаллическое оруденение прежде всего могут служить структурно-фациальные карты эвгеосинклинальных прогибов и палеовулканические схемы этапа завершения продуктивного магматизма, отвечающего периоду окончания раннегеосинклинальной стадии развития подвижных поясов.

**Барит-полиметаллические месторождения.** Эти месторождения имеют общие черты со стратиформными колчеданными барит-полиметаллическими месторождениями и вместе с тем во многом отличаются от них. Крупные барит-полиметаллические месторождения связаны с наложенными геосинклинальными трогами, возникающими при раздроблении и погружении срединных массивов и других структур консолидированной сиалической коры. Наложенные геосинклинальные трюги наиболее интересны в отношении баритового оруденения в областях «стыка» ранних эвгеосинклиналей и миегеосинклиналей. Крупные месторождения приурочены к уча-

сткам длительного проявления вулканических очагов, например, в Центральном Казахстане в период девона — карбона, а на Малом Кавказе от мела до неогена.

Месторождения этой группы подразделяются на два подтипа: в геосинклинальных трогах без существенного проявления вулканизма (Уч-Кулачское, Каратауское, Миргалимсайское и др.) и с существенным синхронным вулканизмом в бассейнах рудонакопления (Бестюбинское, Жайремское, Туюкское и др.). Время формирования стратиформных барит-полиметаллических месторождений охватывает интервал от позднего протерозоя до неогена включительно; промысленные же месторождения сформировались в основном в раннегерцинскую эпоху.

Барит-полиметаллические месторождения значительно чаще, чем колчеданные, являются стратиформными, но в отличие от нормальноосадочных месторождений рудоносный материал в них в основном поступал из вулканических очагов. При этом установлено, что рудообразование чаще совпадает с периодами затишья вулканической активности, но продолжающейся гидротермальной деятельности. Оруденение обычно локализовано в горизонтах углисто-глинисто-кремнисто-карбонатных пород, насыщенных органомогенным материалом.

На примере месторождений атасуйского типа устанавливается пространственное совмещение на одном из стратиграфических уровней месторождений железо-марганцевого и барит-свинцово-цинкового минеральных типов (верхнефаменские флишеидные отложения). Повышенная кремнистость рудовмещающих толщ (прослой и линзы яшм, кремнистых сланцев, пород кремнисто-карбонатного и кремнисто-глинисто-карбонатного состава) является свидетелем фумарольно-сульфатарной деятельности в морском бассейне этого времени.

Как правило, площади активной вулканической деятельности и участков развития осадочно-гидротермального оруденения на стратиформных барит-полиметаллических месторождениях пространственно разобщены. Накопление руд отмечается в углубленных участках открытых морских бассейнов или в прибрежных условиях, однако вблизи активных разломов. Наблюдаемая резкая и быстрая смена ритмов в осадконакоплении свидетельствует о беспокойной тектонической обстановке, что подтверждает также смена в разрезе руд свинца и цинка рудами железа и марганца.

Седиментация вулканогенно-осадочных руд подчиняется тем же законам, что и типично осадочных руд, поэтому в литологическом контроле они имеют много общего. Большое значение в качестве «геохимического барьера» на дне водных бассейнов имеют зоны отложения органического вещества, в частности доломитизированных и органомогенных известняков. Некоторые исследователи считают, что основным отличием вулканогенно-осадочных месторождений от собственно осадочных является присутствие в рудовмещающих толщах «вулканогенных» элементов — бария (в виде барита) и фтора (в виде флюорита и ратовкита).

Структурно-тектонический критерий стратиформных барит-полиметаллических месторождений выражен в обычной приуроченности их к сложнопостроенным складчатым структурам, совмещенным с узлами пересечения длительно развивавшихся разломами глубокого заложения. Такие разломы прослеживаются, по данным магнитной и гравиметрической съемки, в виде линейных границ раздела площадей с различной магнитной восприимчивостью и плотностной характеристикой.

Узлам пересечения глубинных разломов отвечают участки пликативных структур с уступчатой формой крыльев складок. Обычно согласный с вмещающими породами характер послышной минерализации в стратиформных барит-полиметаллических месторождениях выявляется после тщательного изучения морфологии вмещающих их структур.

Изучение изотопного состава свинца на ряде казахстанских месторождений подтвердило общность источника рудного вещества для всех трех этапов рудообразования, а изотопный анализ серы показал, что сера в сульфидных минералах имеет двойное происхождение — глубинное и биогенное.

Изучением элементов-примесей в главных рудных минералах стратиформных барит-полиметаллических месторождений установлено: типоморфными элементами-примесями для осадочно-вулканогенных свинца и цинка являются таллий, германий и ванадий, для гидротермально-метасоматических свинца и цинка — сурьма, ртуть и серебро, а для гидротермальных халькопирит-баритовых руд — никель и кобальт.

Таким образом, в числе первоочередных задач изучения закономерностей размещения и локализации стратиформных барит-полиметаллических месторождений соответствующих регионов следует считать установление стратиграфических и литологических критериев их локализации. Особое внимание следует обращать на:

- приуроченность пластообразных рудных тел к определенным осадочным и вулканогенно-осадочным формациям, а также ритмичность строения продуктивных свит и связанную с этим многоэтапность оруденения;

- приуроченность оруденения к определенным литологическим типам пород, признаки перераспределения первичного рудного вещества в процессах диагенеза и эпигенеза;

- палеогеографический и фациальный контроль оруденения;

- характер складчатых и сопряженных разрывных нарушений и особенности проявления вдоль последних метаморфических преобразований рудовмещающих отложений.

### *Гидротермальные (плутогенные и вулканогенные) баритовые месторождения*

Наиболее важные в промышленном отношении гидротермальные баритовые месторождения связаны с герцинским и альпийским тектоно-магматическими циклами. С первым из них, в част-

ности, связано образование Карасукского барит-флюорит-целестин-железорудного месторождения и жильного Белореченского барит-полиметаллического месторождения. В структурах альпид известны жильные (Чордское) и метасоматические (Апшринское) монобаритовые месторождения, а также жильное и метасоматическое Беганьское барит-полиметаллическое месторождение.

Среди критериев поисков гидротермальных монобаритовых и комплексных баритовых месторождений также учитываются различные металлогенические, магматические, структурно-литологические факторы, признаки рудной зональности и околорудного изменения вмещающих пород.

Металлогенические критерии в продуктивных на барит районах герцинской и альпийской складчатости весьма разнообразны. Гидротермальные месторождения располагаются вблизи долгоживущих глубинных разломов, среди пород различного возраста и состава. Большей частью они встречаются среди вулканогенно-осадочных толщ или в породах подстилающего фундамента, реже в послескладчатых интрузивных массивах и сопровождающих их полях малых интрузий, прорывающих эти формации, а также среди эндогенных карбонатитов в активизированных древних структурах герцинид и альпид.

Магматические критерии для гидротермальных баритовых месторождений не совсем определены в связи с недостаточной изученностью генетических связей месторождений с магматизмом. Однако для вулканических гидротермальных барит-полиметаллических месторождений ряда стран (Болгария, Польша, ФРГ, Франция и др.) отмечается их парагенетическая связь с определенными магматическими породами (сиенитами, трахибазальтами, трахиандезитами, монцитонитами). Для плутогенных гидротермальных баритовых и барит-полиметаллических месторождений связь с магматизмом является более далекой. Наиболее определенно устанавливается связь баритового оруденения с постмагматическими карбонатитовыми метасоматитами щелочно-ультраосновных комплексов. Стратиформные залежи (межпластовые метасоматические типа Апшринского, Туукского и других месторождений) и телетермальное баритовое оруденение в карбонатных породах не обнаруживают какой-либо видимой связи с магматизмом.

Рудовмещающие структуры весьма разнообразны: для жильных месторождений характерны трещинные, для метасоматических баритовых — зоны внутривластового брекчирования. Развитие структур было длительным и многоэтапным. Так, например, на Карасукском карбонатитовом месторождении каждому этапу минералообразования предшествовало повторное брекчирование ранее минерализованных тектонических зон. На Беганьском барит-полиметаллическом месторождении в образовании брекчиевых зон и трещин разрыва вблизи кратера вулкана также насчитывается несколько этапов.

Минерализация гидротермальных месторождений также характеризуется многоэтапностью. Состав и свойства гидротермальных

растворов изменялись от щелочных в начальной стадии до нейтральных или слабокислых в конечную стадию, что обусловлено последовательным раскрытием трещин. Температурный режим процесса минералообразования, установленный путем микротермического анализа (гомогенизация газово-жидких включений в кальцитах и баритах), был от 150 до 190° С в ранних парагенезисах до 50—110° — в поздних. Формирование месторождений происходило на глубинах не более 500—700 м.

Размещение оруденения и геохимических ореолов на большинстве гидротермальных месторождений подчинено определенным типам метасоматитов. Особенно успешно околорудные изменения могут быть использованы при поисках скрытого барит-полиметаллического оруденения. На гидротермальных барит-полиметаллических месторождениях в вулканогенных комплексах широко развиты фельдшпатизация (адуляризация), алунитизация и формирование массивов вторичных кварцитов, а в карбонатных породах — скарнирование, доломитизация и сидеритизация. Так, например, на Беганском месторождении барит-полиметаллическая минерализация в целом совмещена с ореолами и зонами аргиллизации пород, а участки развития вторичных кварцитов могут рассматриваться как перспективные для поисков на глубине барит-полиметаллических руд.

Подмечено, что контуры промышленной алунитовой минерализации в общих чертах совпадают с геохимическими ореолами, особенно с ореолом бария, что позволяет рассматривать алунитовые вторичные кварциты в качестве важного поискового признака барит-полиметаллического оруденения.

Установлено, что зональное строение (в вертикальном и горизонтальном сечениях) эндогенных геохимических ореолов месторождений сопоставимо с зональностью рудных тел, а это в свою очередь позволяет выделить группу элементов, типичных для подрудных и надрудных ореолов. В надрудном ореоле отмечаются относительно повышенные концентрации I, Hg, As, Mo, Sb, Ag, Ba, в меньшей мере Pb и Cu, в подрудном — Pb, Zn, Cu. Содержание элементов, образующих надрудные ореолы, с глубиной закономерно уменьшается до фонового, тогда как содержания Pb, Zn и Cu увеличиваются, достигая максимума на уровне развития полиметаллических руд.

В литологическом отношении наиболее благоприятной средой для гидротермально-метасоматического типа оруденения являются известняки и доломиты, а для жильного типа — песчаники, интрузивные и вулканогенные породы. Так, например, Апшринское месторождение барита гидротермально-метасоматического типа залегает в доломитизированных известняках, а жильные месторождения (Чордское, Гведское, Жанетское и др.) — в вулканогенной свите байоса, состоящей из порфиритов, разных туфобрекчий, туфов и песчаников. При этом, как правило, в более плотных породах баритовые жилы имеют большую мощность и более выдержаны по простиранию, в туфопесчаниках встречаются маломощ-

ные и малопротяженные жилы, а в туфах и аргиллитах многие жилы выклиниваются.

Важными регуляторами устойчивости рудообразующих и сопутствующих элементов в гидротермальных месторождениях помимо внутренних физико-химических свойств растворов, их состава и концентрации являются кислотно-щелочные и температурные условия их существования. Установлено, что геохимическая зональность наиболее высокотемпературных металлоносных природных гидротермальных систем выражается в переходе по мере приближения к поверхности углекислых ( $pH \approx 5,5-6,5$ ), хлоридных глубинных терм в субтермальные сульфатные и карбонатно-гидрокарбонатные щелочные термы. В верхних частях разреза обычно накапливаются карбонатные и сульфатные образования с повышенными концентрациями бария, железа и свинца, а на нижних интервалах — сульфиды меди, кобальта, висмута. Наиболее подвижными в любых гидротермальных средах являются элементы, образующие легколетучие соединения (As, B, F, Sb, P, V и др.).

Там, где среди баритовых залежей присутствует в значительном количестве сульфидная минерализация, не исключена возможность перехода на глубине баритового оруденения в полиметаллическое. В районах, где среди баритовых залежей встречается в значительных количествах флюоритовая и сульфидная минерализация, не исключена возможность смены на глубине баритового оруденения флюоритовым и затем полиметаллическим.

Подводя итоги поисковым критериям на основные промышленно-генетические типы монобаритовых и комплексных баритовых месторождений, следует подчеркнуть, что геохимические и минеральные признаки накопления бария в том или ином районе надо рассматривать в качестве благоприятного поискового критерия для открытия не только монобаритовых, но и комплексных баритосодержащих месторождений.

Поиски баритовых месторождений должны вестись попутно при поисковых и оценочных работах на другие, в первую очередь металлические полезные ископаемые.

Зональность распределения минералов и элементов в различных генетических классах комплексных (сульфидных) баритовых месторождений в обобщенном виде представляется следующей:

— жилы и жильные зоны барита, кварца, кальцита и флюорита, представляющие собой верхние части рудных полей;

— зоны развития маломощных прожилков барита, флюорита, кварца и кальцита, располагающиеся выше скрытых баритоносных рудных тел, в порядке удаления от последних;

— примеси цинка, меди, свинца, серебра, висмута, мышьяка и других элементов в пиритах, характерные для широких ореолов вкрапленной минерализации вокруг баритовых рудных тел комплексных месторождений;

— характерные первичные ореолы определенной группы элементов-индикаторов (Pb, Zn, As, Ba, F и др.) в надрудных толщах;

— ореолы метасоматитов в надрудной части, представленные зонами алунитов, вторичных кварцитов и другими сопутствующими образованиями.

### **Перспективы развития минерально-сырьевой базы баритовой промышленности**

В Советском Союзе поиски и разведка баритового сырья производятся организациями Министерства геологии СССР, разработка и эксплуатационная разведка — предприятиями двух министерств: собственно баритовых месторождений — Министерства химической промышленности и комплексных (главным образом сульфидно-баритовых) месторождений — Министерства цветной металлургии.

Основными потребителями баритовой продукции (баритового концентрата) в настоящее время являются нефтедобывающая и химическая промышленность. Так, например, на долю нефтедобывающей промышленности в 1971 г. приходилось 84,4% общесоюзной потребности в барите, на долю химической промышленности 13,8% и прочих потребителей (главным образом строительной промышленности) 1,8%. В 1975 г. эти потребности возросли на 33,2%, в том числе в химической промышленности на 2,7%, нефтедобывающей — на 23,1% и прочих потребителей на 7,4%. К 1980 г. общесоюзные потребности в барите (по сравнению с 1971 г.) возрастут на 51%.

Потребности химической промышленности в 1975 г. были удовлетворены за счет добычи отечественного барита всего лишь на 30%. Остальная потребность покрывалась за счет импорта. Барит в химической промышленности используется для производства бариевых солей и литопона, молотый барит — в качестве наполнителя в производстве лаков и красок.

В настоящее время барит для химической промышленности добывается на собственно баритовых месторождениях Закавказья и на Салаире. Получаемый на обогатительных фабриках баритовый флотоконцентрат не удовлетворяет требованиям химической промышленности (по цвету) для производства бариевых солей, литопона и наполнителей. Осуществляются мероприятия по ускорению строительства и обеспечения ввода в действие на Карагайлинской обогатительной фабрике цеха по производству баритового концентрата для химической промышленности.

Для удовлетворения потребностей химической промышленности в барите заслуживают скорейшего освоения баритовые месторождения Джалаирское, Апшринское, Беганьское, Медведевское и Туукское, имеющие значительные балансовые запасы баритовых руд. В первую очередь должны быть рекомендованы к освоению месторождения Туукское и Джалаирское с лучшими технико-экономическими показателями (сравнительно небольшие капиталовложения при высокой годовой прибыли обеспечивают короткие сроки окупаемости капиталовложений — 3—4 года). Следует

отметить, что все рекомендуемые для освоения баритовые месторождения удалены от центра европейской части СССР и Урала, где сосредоточены основные потребители баритового концентрата, пригодного для химической промышленности.

Для удовлетворения полной потребности химической промышленности в баритовом концентрате заслуживают внимания открытые в последние годы и находящиеся в разведке собственно баритовые месторождения Белореченское в Краснодарском крае, Кужинское в Башкирской АССР и Чиганакское в Казахской ССР.

Потребности в барите нефтедобывающей промышленности удовлетворяются на 45—50% за счет получения флотационного баритового концентрата при обогащении сульфидно-баритовых руд. Остальная потребность в баритовом утяжелителе покрывается за счет использования высокосортных железных руд.

В настоящее время ведется строительство горнообогатительных комбинатов на Жайремском и Орловском барит-полиметаллических месторождениях в Казахской ССР и Маднеульском колчеданном барит-полиметаллическом месторождении в Грузинской ССР. Успешное завершение их строительства, а также доведение до проектных мощностей и улучшение показателей работы действующих обогатительных фабрик по производству баритового флотоконцентрата позволят значительно увеличить выпуск баритовой продукции.

Полное удовлетворение потребностей в баритовом утяжелителе возможно за счет введения в эксплуатацию (помимо Жайремского, Орловского и Маднеульского месторождений) резервного (Бестюбинского в Казахской ССР) и разведываемых (Ушкатын III в Казахской ССР и Давид-Гареджи-Квемо-Болнисского в Грузинской ССР) барит-полиметаллических месторождений, а также быстрой разведки и освоения нового Толчинского баритового месторождения в Красноярском крае.

Основными задачами в развитии минерально-сырьевой базы баритовой промышленности следует считать:

1) увеличение добычи барит-полиметаллических руд и попутного извлечения из них барита и в связи с этим опережающее наращивание запасов (в 2—3 раза) этих руд;

2) обеспечение баритосодержащим сырьем действующих горнообогатительных комбинатов и рудников, расположенных в Казахской ССР, Кемеровской области и Грузинской ССР;

3) создание и расширение баритовой сырьевой базы строящихся и намечаемых к строительству предприятий (Грузинская ССР, Краснодарский край, Украинская ССР, Башкирская АССР и Казахская ССР);

4) создание надежного резерва баритовой сырьевой базы в районах Южного и Приполярного Урала, на Украине, в южных районах Казахстана и Среднеазиатских республиках, в Западной и Восточной Сибири;

5) обеспечение необходимого уровня прироста запасов на эксплуатируемых и разведываемых месторождениях;

б) проведение поисковых работ на площадях, благоприятных для баритового оруденения, т. е. обеспечение поискового задела для постановки геологоразведочных работ до 2000 г.

Предопределяющими факторами для постановки поисковых и разведочных работ на барит могут служить перспективные баритоносные провинции с известными комплексными баритовыми месторождениями в первую очередь в Центральном Казахстане, Восточных Карпатах, Южном Урале, Малом Кавказе, Рудном Алтае и Салаирском кряже. Следует иметь в виду, что распределение разведанных промышленных месторождений и выявленных рудопроявлений барита в девяти экономических районах и 11 металлогенических провинциях крайне неравномерное, что объясняется в известной мере неодинаковой степенью изученности указанных территорий на баритовое сырье. Поэтому при выборе перспективных на баритовое сырье районов надо руководствоваться геологической изученностью и экономической освоенностью данного района, наличием в последнем баритовых месторождений, признаков баритового оруденения и состоянием обеспеченности запасами действующих горнорудных предприятий.

В связи с тем что основные промышленные запасы барита выявлены в колчеданных медно-свинцово-цинковых, стратиформных свинцово-цинковых месторождениях, последние и в дальнейшем потребуют пристального изучения на барит и комплексного их освоения. Перспективы же выявления указанных выше месторождений в СССР весьма значительные.

Материалы по геологии баритовых месторождений и анализ состояния сырьевой базы баритовой промышленности СССР позволяют сделать следующие основные выводы о потенциальных перспективах ее развития.

1. Природные условия баритового рудообразования исключительно разнообразны; промышленные концентрации барита связываются как с циклами седиментации и диагенеза осадочных пород, так и с эндогенной гидротермальной деятельностью, вызванной плутогенными и вулканогенными магматическими процессами. Необходимо при этом учитывать следующие геохимические особенности бария. Прежде всего он склонен к вхождению во многие породообразующие и акцессорные минералы, т. е. встречается в рассеянном состоянии, хотя и уступает в этом отношении фтору. Вместе с тем он не образует скоплений при избытке серы и кислорода, уступая первенство железу и марганцу. В ранние стадии гидротермального процесса барий, как и стронций, не образует самостоятельных соединений, отмечается лишь в виде изоморфных примесей в сравнительно небольшом числе минеральных соединений. В отличие от других элементов барий легко образует сравнительно стойкое соединение (сульфат бария) с высоким содержанием  $\text{BaO}$  в обогащенных кислородом приповерхностных условиях, при избытке серы. При этом барит встречается в тесных парагенетических ассоциациях с сульфидами и окислами  $\text{Fe}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Au}$  и  $\text{Hg}$ .

2. Особенности локализации крупных собственно баритовых и комплексных баритовых месторождений показывают, что основными факторами, определяющими качественный минеральный состав и генетический тип месторождений, являются состояние и положение рудовмещающих комплексов, т. е. приуроченность баритового оруденения к тем или иным геотектоническим элементам земной коры и формациям вмещающих пород. Формирование промышленных концентраций барита происходило в различные геологические эпохи при осадочных седиментационно-вулканогенных, гидротермальных и метаморфогенно-гидротермальных процессах эволюции земной коры. Для каждой геологической эпохи той или иной баритоносной провинции (в зависимости от типа геосинклиналей и платформ, унаследованных глубинных разломов и т. п.) характерно то, что промышленное значение имеет какой-либо один

генетический класс баритовых месторождений, а все остальные имеют подчиненный характер. Наиболее масштабные скопления барита обычно связываются с формированием колчеданных месторождений эвгеосинклинальных зон подвижных поясов и формациями полиметаллических месторождений завершающих этапов развития геосинклиналей. Следует также иметь в виду, что барий, в отличие от меди, цинка, свинца и фтора (кларки которых близки к кларку бария и выше его), образует более крупные промышленные скопления с высоким его содержанием в рудах в форме сульфата бария. Крупные месторождения барита представляют собой пластообразные, линзовидные тела, жильные зоны и метасоматические залежи, образованию которых всегда благоприятствуют промежуточные продуктивные формации осадочного происхождения более древней баритоносной эпохи.

3. В настоящее время общие разведанные запасы барита в различных генетических типах месторождений Советского Союза составляют 195 млн. т, прогнозные запасы оцениваются в 220 млн. т.

Общие разведанные и прогнозные запасы барита соответственно по экономическим районам распределяются следующим образом: по Казахстанскому 70,6% и 61,5%, Восточно-Сибирскому 14,0% и 7,5%, Западно-Сибирскому 4,2% и 7,0%, Уральскому 1,6% и 6,2%, Среднеазиатскому 2,8% и 5,5%, Северо-Западному 0% и 4,3%, Закавказскому 3,8% и 3,5%, Украине 1,8% и 1,8%, Северо-Кавказскому 0% и 1,4% и Дальневосточному 0% и 1,3%.

Общие разведанные и прогнозные запасы барита соответственно по промышленно-генетическим типам месторождений распределяются следующим образом: в осадочных 0% и 6,7%, осадочно-вулканогенных 10,2% и 22,0%, вулканогенно-осадочных с наложенными более поздними гидротермальными процессами 66,7% и 58,3%, гидротермальных (жильных и метасоматических) 7,2% и 9,2%, карбонатитовых 12,0% и 3,3%, гипергенных 3,0 и 1,2%. В техногенных месторождениях, созданных в результате деятельности человека, запасы барита оцениваются в 0,9%.

4. В Советском Союзе основные запасы барита (92,1%) и добыча (88%) приходится на комплексные сульфидно-баритовые месторождения. Добыча барита при отработке собственно баритовых и комплексных сульфидно-баритовых месторождений (в пересчете на 100%  $BaSO_4$ ) в 1973 г. составила 1,72 млн. т. Из добытой руды было произведено немногим более 1 млн. т баритового концентрата с содержанием  $BaSO_4$  от 60 до 98%.

5. Потребности народного хозяйства СССР в барите в настоящее время и на перспективу не удовлетворяются. Для удовлетворения этих потребностей необходимо осуществление следующих мероприятий.

В добывающей отрасли:

— завершение строительства Жайремского, Орловского и Маднеульского горнообогатительных комбинатов;

— расширение мощностей и более полное извлечение баритового концентрата на действующих обогатительных фабриках;

— комплексное освоение новых колчеданных и полиметаллических месторождений, предусматривающее попутное извлечение из руд барита;

— освоение крупнейшего по запасам барита Бестюбинского месторождения;

— освоение крупных собственно баритовых резервных разведанных месторождений — Апшринского, Джалаирского и Туякского;

— развитие работ по замене баритовых наполнителей другими природными материалами (мел, кальцит и т. п.).

В области потребления:

— дальнейшее расширение работ по регенерации барита из отработанных буровых растворов и повторного его использования;

— завершение опытов по гранулированию флотационного баритового концентрата.

В области поисков и разведки:

— завершение разведки и оценки крупных баритовых месторождений (Чиганакского, Кужинского, Белореченского, Толчинского, Пальникского) и передача их промышленности;

— проведение более целеустремленных работ на барит при оценке месторождений плавикового шпата, цветных и редких металлов.

В области научных исследований:

— разработка промышленно-генетической классификации собственно баритовых и комплексных баритовых месторождений и методики их комплексной оценки;

— разработка поисковых и оценочных критериев баритовых и комплексных баритовых месторождений и критериев выделения перспективных баритовых провинций;

— составление прогнозных карт СССР на барит, имея также в виду другие полезные ископаемые, с которыми он находится в тесной парагенетической ассоциации;

— выявление закономерностей размещения баритового оруденения в пределах установленных металлогенических провинций;

— разработка методики количественной оценки прогнозных запасов барита и сопутствующих ему других полезных ископаемых в комплексных месторождениях.

*Авгиев А. К., Клитченко М. А.* Зоны околорудного изменения вмещающих пород Беганьского рудного поля (Закарпатье) как критерий скрытого оруденения. — В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. М., 1972, с. 134—136 (Всесоюз. геол. фонд).

*Агентов В. Б., Кудрявцев Г. А.* О генетической связи колчеданно-полиметаллического оруденения Восточной Тувы с нижнекембрийской спилито-кератофировой формацией. — «Труды Сиб. науч.-исслед. ин-та геологии, геофизики и минерал. сырья», 1964, вып. 35, с. 124—133.

*Асаналиев У. А., Попов В. М., Давыдов Г. И.* Литология, фации и оруденение (свинец, цинк, медь и ртуть) девонских и каменноугольных отложений Среднего Тянь-Шаня. — В кн.: Состояние и задачи сов. литологии. Т. 2. Фрунзе, 1970, с. 58—67.

*Балгер Б. А.* Текстурно-структурные особенности и последовательность минералообразования руд Ново-Золотушинского месторождения. — В кн.: Проблемы геологии и полезных ископаемых Кузбасса и Алтая. Новокузнецк, 1970, с. 258—269.

*Баранов В. Д.* Некоторые черты структуры полиметаллических месторождений Зырянского района на Алтае. — «Геология рудных месторождений», 1960, № 5, с. 34—54.

*Бахтин А. И.* Некоторые вопросы дифференциальной подвижности элементов при образовании первичных ореолов рассеяния месторождений Корбалихинского рудного поля на Алтае. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1970, № 2, с. 38—42.

*Бетехтин А. Г.* Минералогия. М., Госгеолиздат, 1950. 956 с.

*Богданов Ю. В., Кутырев Э. И.* Региональные и локальные закономерности размещения стратиформных медных и свинцово-цинковых месторождений. Л., 1970, с. 63. (Материалы к совещанию «Разработка основ науч. прогноза м-ний полезных ископаемых». Вып. 5).

*Бородаевская М. Б.* Соотношение колчеданного оруденения с магматизмом и некоторые вопросы генезиса колчеданных руд на примере Южного Урала. — В кн.: Проблемы генезиса руд. М., «Недра», 1964, с. 25—70.

*Бурьянова Е. З.* О главном минеральном парагенезисе в стратиформных месторождениях свинца и цинка. — «Геология рудных месторождений», 1971, № 2, с. 72—84.

*Быховер Н. А.* Экономика минерального сырья. М., «Недра», 1967. 367 с.

*Внешняя торговля СССР за 1960—1974 гг.* Статистические сборники. М., 1961—1974.

*Вольфсон Ф. И., Архангельская В. В.* Вопросы генезиса некоторых пластообразных свинцово-цинковых и медных месторождений. — Изв. АН КазССР. Сер. геол., 1971, № 3, с. 1—22.

*Вопросы минералогии, геохимии и петрографии.* М., Изд-во АН СССР, 1946. 305 с. (Сб. статей, посвященных А. Е. Ферсману).

*Гогошвили В. Г., Аревадзе Д. В.* Температурные перепады при формировании Маднеульского месторождения (Южная Грузия) и оценка рудоносности глубин. — В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. М., 1972, с. 230—234 (Всесоюз. геол. фонд).

*Горжевский Д. И.* Об особенностях состава и строении полиметаллических руд месторождений Рудного Алтая, образовавшихся на разной глубине. — «Вестн. Львовск. ун-та. Сер. геол.», 1962, № 1, с. 95—99.

*Горжевский Д. И.* Типы полиметаллических месторождений Рудного Алтая. — «Докл. АН СССР», 1970, т. 193, № 1, с. 159—162.

*Дербигов И. В.* К проблеме генезиса сульфидных руд Зменогорского района Рудного Алтая. — «Геология рудных месторождений», 1966, № 6, с. 106—112.

*Дербигов И. В., Нуварьева Ю. А.* Паравулканическая зональность в вулканогенно-осадочных месторождениях. — «Сов. геология», 1967, № 9, с. 33—48.

*Дзоценидзе Г. С.* Вулканогенно-осадочное рудообразование. — «Литология и полезные ископаемые», 1970, № 2, с. 64—75.

*Дистанов Э. Г.* Применение формационного анализа в прогнозировании колчеданно-полиметаллических месторождений. — В кн.: Основы науч. прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Л., 1971, с. 285—286. (ВСЕГЕИ).

*Дмитриев В. П.* Гипогенная зональность полиметаллических месторождений Рудного Алтая и вопросы их генезиса. — «Труды Сиб. ин-та геологии, геофизики и минерал. сырья», 1969, вып. 90, с. 71—89.

*Добровольская М. Г.* Метаморфические преобразования в свинцово-цинковых рудах как критерии стадийности минералообразования. — «Геология рудных месторождений», 1972, № 5, с. 112—118.

*Иванов С. Н.* Генезис рудных месторождений колчеданного типа в связи с развитием геосинклинального магматизма и метаморфизма. — В кн.: Проблемы генезиса руд. М., «Недра», 1964, с. 25—30.

*Иванов С. Н., Логинов В. П.* О связи колчеданных месторождений Урала с вулканогенными формациями. — В кн.: Рудоносность вулканогенных формаций. М., «Недра», 1965, с. 14—21.

*Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям барита и виверита.* М., Госгеолиздат, 1948. 19 с.

*Каланадзе А. Д.* Основные закономерности размещения баритовых месторождений в Закавказье. — «Труды Кавказск. ин-та минерал. сырья. Сер. Полезные ископаемые», 1965, № 6 (8), с. 37—44.

*Кен А. Н., Васильев В. И.* Региональные и локальные закономерности размещения доскладчатых колчеданно-полиметаллических месторождений. Вып. 1. Л., 1970. 41 с. (ВСЕГЕИ).

*Котляр В. Н.* Вулканогенные гидротермальные месторождения. — В кн.: Генезис эндогенных рудных месторождений. М., «Недра», 1968, с. 490—543.

*Кулинич В. В.* Зоны кварцевых и баритовых тел. — В кн.: Геология и металлогения Успенской тектонической зоны Ц. Казахстана. Т. 3. Алма-Ата, «Наука», 1967, с. 15—18.

*Кулинич В. В.* К вопросу о баритовых месторождениях вулканогенно-осадочного типа Успенского рудного пояса в Центральном Казахстане. — В кн.: Мате-

риалы первой науч. конф. молодых ученых АН КазССР. Алма-Ата, «Наука», 1968, с. 170—205.

*Лазарев В. Н., Баранов Э. Н., Коляко Д. С.* Зональность эндогенных геохимических ореолов и поиски скрытого медноколчеданного оруденения в Молодежном рудном районе (Южный Урал). — В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. М., 1971, с. 240—242 (Всесоюз. геол. фонд).

*Ли В. Г., Щерба Г. Н.* Генетические типы полиметаллических и медных месторождений. — В кн.: Геология и металлогения Успенской тектонической зоны». Т. 3. Алма-Ата, «Наука», 1967, с. 13—18.

*Минеральные ресурсы промышленно развитых капиталистических и развивающихся стран.* М., 1970. 358 с. 1971, 401 с. 1972. 427 с. 1973. 388 с. (Всесоюз. геол. фонд).

*Митряева Н. М., Рожнов А. А., Щерба Г. Н.* К генезису полиметаллических руд Атасуйского района (Центральный Казахстан). — «Изв. АН КазССР. Сер. геол.», 1962, № 6 (51), с. 53—64.

*Новохатский И. П., Сагунов В. Г.* Баритовые месторождения Казахстана. — В кн.: Геология и ресурсы агрохимического сырья Казахстана. Алма-Ата, «Наука», 1965, с. 15—20.

*Попов В. М.* О генетической связи некоторых пластовых месторождений цветных металлов с вулканизмом. — «Изв. АН КиргССР», 1967, № 5, с. 40—49.

*Попов В. М.* Проблемы генезиса стратифицированных месторождений цветных металлов. — В кн.: Состояние и задачи советской литологии. Т. 2. М., 1970, с. 49—57.

*Прокин В. А.* Оценка колчеданных рудопроявлений по метасоматическим изменениям вмещающих пород (на примере Урала). — «Сов. геология», 1967, № 9, с. 113—118.

*Рожнов А. А., Лыткин В. А., Бузмаков Е. И.* О практическом использовании в поисковых целях особенностей метасоматической зональности на Жайремском рудном поле. — В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. М., 1972, с. 165—166. (Всесоюз. геол. фонд).

*Ростомашвили Н. Д., Квирикадзе Г. Л.* Состояние и перспективы развития баритовой промышленности СССР. — «Сборник материалов Кавказского ин-та минерал. сырья. Сер. геол.». Вып. 7 (12). Тбилиси, 1973, с. 103—107.

*Рыфтин В. М., Баранов Э. Н.* Зональность околорудных ореолов Гайского медноколчеданного месторождения (Южный Урал). — В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. М., 1972, с. 251—253. (Всесоюз. геол. фонд).

*Сидоренко А. В.* Барит Западного Копет-Дага. — «Изв. Туркмен. фил. АН СССР, 1945, № 5—6, с. 10—17.

*Смирнов В. И.* О некоторых рудных месторождениях США. — «Геология рудных месторождений», 1961, № 4, с. 79—90.

*Смирнов В. И.* Колчеданные месторождения. — В кн.: Генезис эндогенных рудных месторождений. М., «Недра», 1968, с. 586—647.

*Смирнов В. И.* Геология полезных ископаемых. 2-е изд. М., «Недра», 1969. 687 с.

*Смирнов В. И.* Факторы времени в образовании стратиформных рудных месторождений. — «Геология рудных месторождений», 1970, № 6, с. 3—15.

Соколов В. П. Барит и витерит Средней Азии и проблемы их использования. — В кн.: Минеральные богатства Средней Азии. Л., ОНТИ, 1938, 105 с.

Соловьев А. Т. Региональные и локальные закономерности размещения эпitherмальных флюоритовых месторождений. Вып. 4. Л., 1970. 45 с. (ВСЕГЕИ).

Страхов Н. М. Диагенез осадков и его значение для осадочного рудообразования. — «Изв. АН СССР. Сер. геол.», 1953, № 3, с. 12—49.

Страхов Н. М. К познанию подводного вулканогенно-осадочного породообразования. — В кн.: Вулканогенно-осадочные формации и полезные ископаемые. М., 1965, с. 11—23.

Стригунов Ф. И. Производство баритовых соединений и перспективы его развития. — В кн.: Актуальные проблемы основной химии. Т. 30. Харьков, 1973, с. 175—204.

Сургай В. Т., Шелоков Е. Е. О характере элементов-примесей в сульфидах и генетические особенности их месторождений. — В кн.: Особенности региональной металлогении и геохимии Тянь-Шаня. Фрунзе, 1969, с. 62—90.

Троянов М. Д. Геологические особенности условий локализации свинцово-цинкового оруденения в Западном Узбекистане (на примере Уч-Кулачского месторождения). — В кн.: Состояние и задачи советской литологии. Т. 2. М., «Недра», 1970, с. 68—76.

Учамейшвили Н. Е., Хитаров Н. И. О химическом составе растворов жидких включений в баритах. — В кн.: Минералогическая термометрия и барометрия. М., «Наука», 1965, с. 97—101.

Федорчук В. П. Телетермальные месторождения. — В кн.: Генезис эндогенных рудных месторождений. Под ред. В. И. Смирнова. М., «Недра», 1968, с. 544—585.

Ферсман А. Е. Геохимия. Т. 4. Л., Госхимиздат, 1939. 240 с.

Черносвитов Ю. Л. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Барит и витерит. М., Госгеолтехиздат, 1963. 67 с.

Щерба Г. Н. Связь рудных месторождений Казахстана с герцинским вулканизмом. — В кн.: Рудоносные вулканогенные формации. М., 1965, с. 71—87.

Щерба Г. Н. Геология Лениногорского рудного поля. — В кн.: Геология Лениногорского и Зырянского рудных полей на Алтае. М., «Наука», 1967, с. 8—181.

Щерба Г. Н. Месторождения атасуйского типа. — «Геология рудных месторождений», 1967, № 5, с. 106—114.

Щерба Г. Н. О так называемых контактово-метасоматических месторождениях в восточной части Успенского рудного пояса. — «Изв. вузов. Геология и разведка», 1969, № 2, с. 159—163.  
с. 171—173.

Шибрик В. И. О зональности Атасуйских барит-полиметаллических месторождений (Центральный Казахстан). — В кн.: Прогнозирование скрытого оруденения на основе зональности гидротермальных месторождений. М., 1974.

Эндогенная металлогения Таджикистана. — В кн.: Металлогения Тянь-Шаня. Фрунзе, 1968, с. 212—216.

Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologist, 1969—1974.

Brobst D. A. Barite. World Production, Reserves and Future Prospects. U. S. Geol. Survey, 1970, bull. 1321, p. 103.

Brobst D. A. Barite. United States Mineral Resources. U. S. Geol. Survey professional paper 820, 1973, p. 287.

Canadian Mining J., 1969—1974.

- Gourlay A. J.* Barium (Austral).—«Austral. Mineral Ind. Rev.», 1965, p. 108.
- Lewis R. W.* Barium. Mineral facts and Problems. Bureau of Mines U. S., 1970, p. 312.
- Mohr K.* Die Geologia des westharzes Clansthal—Zellerfeld, 1971, p. 120—133.
- Orr A. R. P.* Barytes Mining annual review, 1973, p. 78.
- Weber F. H.* Barium.—«Bull. Conf. Div. Mines and Geol.», 1966, N 191, p. 203.
- Zimmermann R. A.* Sedimentary features in the meggen barite—sphalerite deposit and a comparison with the arkansas barite deposits.—«Neues Jahrb. Mineral. Abh.», 1970, Bd 113, N 2, p. 179—214.
- Zuffardi P.* La Metallogenese du plomb, zinc et du baryum en Sardaigne: un exemple de permanence, de polygenetisme et de transformisme.—«Ann. Soc. geol. Belg.», 1969, D. 92, N 3, p. 321—344.

**УКАЗАТЕЛЬ БАРИТОВЫХ И БАРИТСОДЕРЖАЩИХ  
МЕСТОРОЖДЕНИИ И ПРОЯВЛЕНИИ**

- Абагайтуйское (Дальний Восток) 30, 152  
 Агата-Чибаргатинское (Узбекистан) 30, 38, 46, 66, 140, 141  
 Айканушса (Узбекистан) 39  
 Ак-Могольское (Таджикистан) 40, 140  
 Акоринское (Армения) 34  
 Алавердское (Армения) 35, 138  
 Александровское (Салаир), 29, 149  
 Алык-Башинское (Северный Кавказ) 4, 32  
 Амджинское (Северный Кавказ) 137  
 Апшринское (Грузия) 34, 45, 64, 65, 76, 137, 138, 165, 173, 174, 176, 181  
 Арап (Центральный Казахстан) 145  
 Аркабо (Австралия) 25  
 Арпакленское (Туркмения) 45, 58, 76  
 Арсы (Киргизия) 39  
 Архызское (Северный Кавказ) 31, 137  
 Ахталское (Армения) 34, 35, 46, 78, 83, 88, 89, 93, 94, 95, 138  
 Бадамское (Казахстан) 30, 38, 46, 66, 67, 68, 140, 142  
 Базыньское (Хакасия) 30  
 Байгул II (Центральный Казахстан) 145  
 Баксанское (Северный Кавказ) 137  
 Баласуновское (Украина) 33, 135  
 Барега (Италия) 21, 46, 113, 122  
 Барвинское (Прибайкалье) 155  
 Баритовая Горка (Таджикистан) 40  
 Башкишлакское (Азербайджан) 34  
 Беганьское (Украина) 46, 71, 72, 73, 74, 136, 165, 173, 174, 176  
 Белоключевское (Алтай) 149  
 Белореченское (Северный Кавказ) 31, 46, 71, 137, 165, 173, 177, 181  
 Белоусовское (Восточный Казахстан) 29, 37, 46, 82, 99, 103, 150, 165  
 Березовское (Урал) 28  
 Березовское (Восточный Казахстан) 29, 82  
 Беркара (Центральный Казахстан) 146  
 Бестюбинское (Центральный Казахстан) 36, 75, 105, 110, 112, 145, 164, 171, 177, 181  
 Биликрой (Турция) 62  
 Болнинское (Закавказье) 137  
 Братихинское (Алтай) 82  
 Бретякское (Южный Урал) 29, 48, 133  
 Бриско (Канада) 22  
 Брукфильд (Канада) 22  
 Бугутурское (Дальний Восток) 30, 46  
 Бу-Махни (Алжир) 24  
 Веселое (Дальний Восток) 31  
 Вокрон (Франция) 70  
 Вуориярви (Карелия) 27, 28, 45, 50, 154  
 Гайское (Южный Урал) 28, 46, 82, 83, 97, 134  
 Гведское (Грузия) 4, 174  
 Горевское (Енисейский край) 155  
 Гумушдере (Турция) 62  
 Давид-Гареджи-Квемо-Болнинское (Грузия) 177  
 Дальнее (Восточная Тува) 30  
 Дальнезападное (Центральный Казахстан) 106, 108, 109  
 Джабель-Ируд (Марокко) 24  
 Джайент (Канада) 48, 131  
 Джалаирское (Центральный Казахстан) 36, 45, 48, 58, 64, 130, 147, 157, 176, 181  
 Джаланкольское (Северный Кавказ) 4  
 Джусинское (Южный Урал) 28, 46, 82, 83, 97, 134  
 Довокинское (Сибирь) 43  
 Елы-Су (Туркмения) 45  
 Енсен-Кён (Турция) 45, 64  
 Жайремское (Центральный Казахстан) 10, 36, 46, 75, 105, 108, 145, 171, 177  
 Жалаирское (Центральный Казахстан) 165  
 Жанетское (Грузия) 4, 174  
 Жуманей (Центральный Казахстан) 145  
 Жумарт (Центральный Казахстан) 145  
 Жуне (Югославия) 46, 66, 69  
 Западное (Центральный Казахстан) 106, 108, 109  
 Зареченское (Алтай) 29, 99, 101, 102, 103  
 Зменогорское (Алтай) 29, 46, 82, 99, 103, 150, 151  
 Золотушинское (Восточный Казахстан) 29  
 Зырянское (Алтай) 37, 103, 150, 151

- Инверуэй (Австралия) 25  
 Индышское (Северный Кавказ) 4  
 Ирлинское (Южный Урал) 29, 48, 133
- Кабилиа (Алжир) 24  
 Кайрактинское (Центральный Казахстан) 146  
 Карагайлинское (Центральный Казахстан) 45, 53, 146, 164  
 Караджалское (Казахстан) 10, 145  
 Каралар (Турция) 62  
 Карасукское (Тува) 30, 45, 51, 52, 53, 165, 173  
 Каратауская группа (Казахстан) 37, 38, 47  
 Каратауское (Казахстан) 75, 113, 114, 140, 142, 171  
 Кафанское (Закавказье) 138  
 Квайса (Грузия) 34  
 Кварцитовая Сопка (Салаир) 29, 48, 83, 84, 85, 126, 149, 165  
 Кедабское (Закавказье) 138  
 Кеддара (Алжир) 24  
 Кентюбинское (Центральный Казахстан) 145  
 Кизельчукское (Северный Кавказ) 31, 137  
 Кизилкимце (Турция) 62  
 Кичик-Арсаган (Узбекистан) 38  
 Козаркой (Турция) 62  
 Корбалихинское (Алтай) 46, 99, 100, 151  
 Корудере (Турция) 62  
 Кугинак (Узбекистан) 39  
 Кужинское (Южный Урал) 29, 47, 75, 133, 164, 177, 181  
 Кутаисская группа (Грузия) 34, 45  
 Куушоки (Центральный Казахстан) 146  
 Кызыл-Кая (Туркмения) 41  
 Кызыл-Нуриное (Узбекистан) 39  
 Кызылташское (Алтай) 149  
 Кызыл-Таштыгское (Тува) 30, 46, 83, 86, 87, 88, 149, 165
- Лейк-Эйнсли (Канада) 22, 46  
 Лениногорское (Алтай) 37, 46, 150  
 Лонгалеут (Великобритания) 21
- Магнет-Коув (США) 45, 50  
 Маднеульское (Грузия) 34, 79, 82, 83, 88, 89, 90, 93, 137, 138, 165, 177  
 Майканское (Алтай) 164  
 Майское (Алтай) 149  
 Малкинское (Северный Кавказ) 137  
 Малосырское (Хакассия) 30  
 Мастрикарро (Италия) 21  
 Маунтин-Пасс (США) 45, 50  
 Мегген (ФРГ) 20, 46  
 Медведовское (Южный Урал) 29, 45, 48, 64, 127, 129, 130, 157, 165, 176  
 Минерал-Кинг (США) 48, 131
- Миргалимсайское (Южный Казахстан) 10, 37, 47, 75, 76, 113, 114, 115, 116, 117, 140, 142, 164, 171  
 Мокари (Япония) 23  
 Молодежное (Южный Урал) 28, 46, 83, 97, 134, 135  
 Мор (Франция) 46  
 Моррисон (Великобритания) 21  
 Музбекское (Таджикистан) 40, 140  
 Муртазинское (Урал) 28
- Наугарзанское (Узбекистан) 30, 38, 46, 66, 68, 69, 140, 141  
 Нидершлаг (ФРГ) 62, 69  
 Новогореловское (Закавказье) 138  
 Ново-Урское (Салаир) 149, 165  
 Нуры-Мерген-Сай (Туркмения) 41
- Оленегорское (Прибалтика) 154  
 Оленеостровское (Карелия) 4, 27, 28  
 Орлиногорское (Салаир) 46, 82, 83, 86  
 Орловское (Восточный Казахстан) 29, 36, 37, 46, 82, 99, 103, 150, 165, 177  
 Орапарина (Австралия) 25  
 Отару-Матсукура (Япония) 23
- Пальнинское (Коми АССР) 27, 28, 47, 124, 154, 181  
 Парсон (Канада) 22  
 Пеннафорт (Франция) 69  
 Первомайское (Салаир) 29, 149  
 Петровское (Алтай) 46, 82  
 Пиансиано (Италия) 70  
 Прилуцкое (Украина) 33, 135
- Рачевское (Алтай) 82
- Саксырское (Хакассия) 30  
 Салаирская группа (Саяны) 46, 77, 82, 83  
 Салаирское (Саяны) 131, 157  
 Салланлатвинское (Карелия) 27, 28, 45, 48, 50, 126, 127, 154  
 Самойловское (Салаир) 29, 149  
 Сант-Мартин (Франция) 70  
 Сафоно-Дигарская группа (Северный Кавказ) 137  
 Северное (Центральный Казахстан) 145  
 Северо-Кузнецхинское (Урал) 28  
 Сеттлингстон (Великобритания) 21  
 Слепое (Салаир) 149  
 Собское (Урал) 42, 54  
 Спорное (Салаир) 29  
 Срднее (Алтай) 29, 99, 151  
 Стара-Загоры (Болгария) 64  
 Степное (Алтай) 29  
 Стрежневское (Алтай) 151  
 Субботинское (Западный Саян) 149  
 Су-Бенату (Италия) 21

Табылгаты (Киргизия) 39, 40  
Тажное (Прибайкалье) 155  
Тайнах (Ирландия) 22  
Танаберды (Узбекистан) 38, 39, 140,  
142  
Танзутское (Закавказье) 138  
Танаарен (Франция) 46  
Таскарген (Центральный Казахстан)  
145  
Татибе (Дальний Восток) 30, 31  
Тирексуйское (Хакассия) 30  
Тоганалы (Закавказье) 138  
Толченское (Красноярский край)  
164, 181  
Топтан-Туразы (Хакассия) 30  
Троицкое (Алтай) 149  
Туманное (Дальний Восток) 30, 31  
Туюкское (Казахстан) 36, 37, 46, 71,  
75, 105, 140, 141, 142, 164, 171, 173,  
176, 181  
Тызыльское (Северный Кавказ) 32  
Тюндюк (Киргизия) 39, 40  
  
Узенжальское (Центральный Казах-  
стан) 147, 164  
Уолтон (Канада) 22, 46  
Уралбай (Центральный Казахстан)  
146  
Усуглинское (Забайкалье) 30, 46, 152  
Учалинское (Южный Урал) 97  
Уч-Кулачское (Узбекистан) 39, 47, 75,  
76, 113, 118, 119, 121, 140, 141,  
164, 171  
Уч-Кулисинское (Армения) 34, 35  
Ушкатын (Казахстан) 36  
Ушкатын III (Казахстан), 46, 75, 105,  
177

Фонтсат (Франция) 69  
Фриденштейн (ФРГ) 62  
Фурнель (Франция) 69

Ханшское (Комя АССР) 154  
Халлилимонлу (Турция) 46, 113, 121  
Ханмейское (Урал) 42

Цителсопельское (Закавказье) 138

Чавдорское (Азербайджан) 34  
Чапсордаг (Хакассия) 30  
Чиганакское (Казахстан) 37, 47, 75,  
124, 125, 148, 164, 177, 181  
Чирагидзор (Закавказье) 138  
Чордское (Грузия) 34, 45, 60, 61, 137,  
165, 173, 174  
Чочу-Кулачское (Северный Кавказ)  
32, 137  
Чудакское (Алтай) 81  
Чуньское (Сибирь) 43

Шамлугское (Армения) 35, 138  
Шушенское (Алтай) 149

Эберград (ФРГ) 62  
Эль-Поль (США) 45, 53  
Эль-Хаммам (Тунис) 70  
Эстераль (Франция) 46, 69  
Эштиан (Иран) 23

Южно-Кузнечихинское (Урал) 130  
Южно-Мангышлакское (Северный  
Кавказ) 47, 124

	Стр.
Введение . . . . .	3
Основные сведения о минералогии и геохимии бария . . . . .	6
Использование баритового сырья и основные требования промышленности . . . . .	13
Мировые ресурсы баритового сырья и структура его потребления . . . . .	18
Геология баритовых месторождений . . . . .	26
Географическое размещение и геологические позиции баритовых месторождений и рудопоявлений в СССР . . . . .	26
Генетические и промышленные типы баритовых месторождений . . . . .	43
Класс гидротермальных баритовых месторождений . . . . .	49
<i>Группа карбонатных баритовых месторождений . . . . .</i>	50
<i>Группа скарновых баритовых месторождений . . . . .</i>	53
<i>Группа собственно гидротермальных (плутогенных и вулканогенных) баритовых месторождений . . . . .</i>	56
Класс вулканогенно-осадочных баритовых месторождений . . . . .	76
<i>Группа колчеданных (стратиформных) баритсодержащих вулканогенных и вулканогенно-осадочных месторождений . . . . .</i>	81
<i>Группа полиметаллических (стратиформных) баритсодержащих месторождений . . . . .</i>	104
Класс осадочных баритовых месторождений . . . . .	122
Класс гипергенных баритовых месторождений . . . . .	126
Техногенные баритовые концентрации . . . . .	130
Региональные и локальные особенности размещения баритовых месторождений в СССР . . . . .	131
Баритовое оруденение в областях геосинклинального развития . . . . .	132
Баритовое оруденение в областях древних платформ . . . . .	153
Сырьевая база барита в СССР и перспективы ее расширения . . . . .	156
Геолого-промышленная характеристика баритовых месторождений . . . . .	156
Поисковые критерии ведущих промышленно-генетических типов баритовых месторождений . . . . .	164
Перспективы развития минерально-сырьевой базы баритовой промышленности . . . . .	176
Заключение . . . . .	179
Список литературы . . . . .	182

ИБ № 2470

**АЛЕКСЕЙ КОНСТАНТИНОВИЧ САВЕЛЬЕВ**

**ГЕОЛОГИЯ БАРИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

Редактор издательства *З. И. Башмакова*

Переплет художника *Г. Р. Левина*

Художественный редактор *В. В. Евдокимов*

Технические редакторы *О. Н. Ласточкина, А. Е. Матвеева*

Корректор *В. И. Ионкина*

---

Сдано в набор 1/VII 1977 г. Подписано в печать 28/IX 1977 г.  
Т-16984. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага № 2. Печ. л. 12,0. Уч.-изд. л.  
13,27. Тираж 900 экз. Заказ 584/5986-4. Цена 2 руб.

---

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.

Московская типография № 6 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 109088, Москва, Ж-88, Ожупортовая ул., 24.

## УВАЖАЕМЫЙ ТОВАРИЩ!

В издательстве «Недра»  
готовятся к печати новые книги

---

**ДЕНИСЕНКО В. К.** Месторождения вольфрама. 10 л. 1 р. 55 к.

В книге обобщены данные по геологии и прогнозированию вольфрамовых месторождений мира. Предложена новая классификация вольфрамовых месторождений на формационной основе, учитывающая их масштабность. Наряду с простыми моноформационными месторождениями выделяются рудные объекты, обладающие чертами строения нескольких рудных формаций. На основе систематизации данных о геологическом строении и рудоносности охарактеризованных вольфрамовых провинций мира предложена их типизация, учитывающая рудовмещающие структурно-формационные комплексы, тектонические структуры, магматизм. Изложены общие принципы и критерии прогнозной оценки площадей на вольфрамовое оруденение, приводятся примеры прогнозирования в масштабе рудных полей, районов, зон, провинций.

Книга предназначена для широкого круга геологов, занимающихся изучением металлогении и рудных месторождений, она может быть полезна геологам-производственникам при прогнозной оценке площадей и проведении поисково-разведочных работ на вольфрамовое оруденение.

**СОЛОДОВ Н. А.** Минералогия литофильных редких металлов. 12,5 л. 1 р. 93 к.

В книге приводится формационно-парагенетическая классификация месторождений литофильных редких металлов. На строгой количественной основе с использованием материалов по всему земному шару рассматриваются парагенетические, формационно-генетические, геотектонические и геохронологические закономерности распределения редкометального оруденения в земной коре. Описываются закономерности пространственного размещения редкометальных месторождений на древних платформах, докембрийских срединных массивах и в фанерозойских геосинклинальных областях. Характеризуется экзогенная минералогия литофильных редких металлов. Показаны возможности эффективного использования выявленных закономерностей для научно обоснованного направления поисково-разведочных работ, при прогнозировании, поисках и перспективной оценке редкометальных месторождений.

Книга рассчитана на геологов-разведчиков и научных работников, специализирующихся в области рудных месторождений и металлогении.

*Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, или заказать через отделы «Книга — почтой» магазинов:*

№ 17—199178. Ленинград, В. О. Средний проспект, 61.

№ 59—127412. Москва, Коровинское шоссе, 20.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»

2 руб.

2327

НЕДРА