

00106  
НЗУ

А К А Д Е М И Я   Н А У К   С С С Р  
К О М И   Ф И Л И А Л

НАУЧНЫЕ  
РЕКОМЕНДАЦИИ



НАРОДНОМУ  
ХОЗЯЙСТВУ

6.13

Барит и целестин Пайхойско-  
Южноновоземельской  
провинции (месторождения,  
минералогия, перспективы)

С Ы К Т Ы В К А Р   •   1 9 7 8

Академия наук СССР  
Коми филиал

00106  
НЗУ

Серия препринтов сообщений  
"Научные рекомендации — народному хозяйству"

Выпуск 13

Н. П. Юшкин

БАРИТ И ЦЕЛЕСТИН  
ПАЙХОЙСКО-ЮЖНОНОВОЗЕМЕЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ)

Утверждено на заседании Президиума  
Коми филиала АН СССР  
13 мая 1977 г.

Сыктывкар 1978

БАРИТ И ЦЕЛЕСТИН ПАЙХОЙСКО-ЮЖНОВОЗЕМЕЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ (МЕСТОРОЖДЕНИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ) Юшкин Н.П. Серия преприатов сообщений "Научные рекомендации - народному хозяйству". Коми филиал АН СССР, 1978, вып. 13, с. 48.

Приводятся данные о распространении бариевой и стронциевой минерализации в пределах Пайхойско-Южновоземельской провинции, дается геологическая и минералогическая характеристика типичных проявлений и месторождений барита и целестина, обсуждается их генезис. Проводится прогнозная оценка провинции на барий и стронций и предлагаются рекомендации к поискам и оценке баритовых и целестиновых месторождений, намечаются рациональные пути их освоения.

Редакционная коллегия серий:

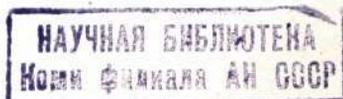
В.П.Подоплелов (отв.редактор), М.П.Рошевский (зам.отв.редактора), Е.П.Калинин (отв.секретарь), Н.А.Манов, И.В.Забоева, Н.Н.Рочев, С.Х.Сажин, М.В.Фишман.

Редакционная коллегия выпуска

М.В.Фишман (отв.редактор), Н.И.Тимонин, К.П.Янулов.



Коми филиал АН СССР, 1977



## ВВЕДЕНИЕ

Исследованиями Института геологии Коми филиала АН СССР установлено широкое развитие баритовой и целестиновой минерализации в пределах Пайхойского и Вайгач-Южноновоземельского антиклинориев [1,3,20-24]. В период с 1968 по 1976 гг. здесь был открыт целый ряд баритовых и целестиновых рудопроявлений, многие из которых являются довольно перспективными, установлены весьма благоприятные предпосылки для поисков новых месторождений, высоко оценены общие перспективы региона на эти минералы. Стронций и барий можно рассматривать в числе главных элементов, определяющих металлогенический облик и минерально-сырьевые перспективы Пайхойско-Южноновоземельской провинции.

Потребности в барий- и стронцийсодержащем сырье сейчас достаточно велики, и спрос на них существенно повышается, особенно в связи с развитием химической, электронной промышленности и глубокого бурения. Потребности ряда отраслей в этих видах сырья удовлетворяются за счет импорта, и в целом состояние сырьевой базы стронция и бария далеко не удовлетворительное.

Европейский Северо-Восток, являющийся крупнейшим потребителем стронция и бария, считается одним из немногих регионов, который может обеспечить себя стронций- и барийсодержащим сырьем. В то же время состояние изученности баритовых и целестиновых месторождений здесь очень низкое. Пока известны лишь единичные заведомо промышленные месторождения, перспективы региона серьезно не оценивались. Анализ проблемы стронция и бария на примере одной из наиболее перспективных минералогических провинций этого региона — Пайхойско-Южноновоземельской представляет поэтому существенный практический интерес.

Оценка перспектив барий- и стронциеносности провинции имеет и более широкое значение, чем только решение проблемы обеспечения народного хозяйства этими видами сырья. Пайхой —

ско-Южноновоземельская провинция характеризуется высокими перспективами и на целый ряд других полезных ископаемых, в первую очередь на флюорит, полиметаллы, медь [24], что позволяет рассматривать ее как потенциальный горнорудный район, находящийся в стадии подготовки к освоению [23]. Планирование дальнейших исследований и решение геологических и экономических проблем, связанных с освоением провинции, может быть успешным лишь с учетом всего потенциального минерально-сырьевого комплекса, а целестин и барит являются весьма существенными его компонентами.

В предлагаемой работе дается краткий обзор известных баритовых и целестиновых проявлений Пай-Хоя, Вайгача и Южного острова Новой Земли, их геолого-минералогическая характеристика, проводится перспективная оценка провинции на барий и стронций, определяются рекомендации к прогнозу, поискам и оценке баритовых и целестиновых проявлений.

Автор выражает благодарность Ю.Н.Ромашкину, В.М.Складневой, В.С.Осташенко, Г.Н.Боболовичу за помощь в обработке полевых материалов и результатов лабораторных исследований.

## КРАТКИЙ ОБЗОР БАРИТОВОЙ И ЦЕЛЕСТИНОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

В пределах Пайхойско-Южноновоземельской провинции известно около ста проявлений барита и целестина, часть из которых показана на прилагаемой схеме (рис.1). Эти проявления различны и по генетической природе (от осадочных сингенетических до гидротермально-метасоматических) и по масштабам (от акцессорной минерализации до почти мономинеральных баритовых или целестиновых залежей).

Осадочные сингенетические проявления барита, локализующиеся в среднедевонских терригенно-карбонатных отложениях, известны на северо-восточном крыле Пайхойского антиклинория. Они представлены горизонтом баритовых конкреций, залегающим в основании падейской свиты. Горизонт изучен лишь в одном разрезе (руч. Морей-шор) и прослежен в нескольких соседних разрезах на расстоянии около двух километров по простиранию. Очевидно, он имеет региональное распространение.

Следует упомянуть о присутствии акцессорного целестина в ангидритовой толще нижнекаменноугольного (серпуховского) возраста, обнажающейся на островах пролива Костин Шар на Новой Земле (Алебастровые о-ва, о-в Междушарский). В жильных гипсовых телах, секущих ангидритовую толщу, содержание целестина повышается до 0,3-0,5 кг/т; в ассоциации с ним присутствуют флюорит и сфалерит. Не исключено, что эти гипсовые "жилы" имеют гидротермальный генезис и образовались в результате гидратации ангидрита вдоль трещин, служивших путями движения гидротермальных растворов.

Эпигенетические месторождения и проявления барита и целестина представлены несколькими геологическими типами.

Проявления целестин-барит-флюорит-сфалерит-сульфанитовой формации наиболее многочисленны и наиболее широко распространены. Они локализованы исключительно в нижнекаменноугольных известняках ( $C_1 v-n$ ) и сланцах ( $C_1 t$ ) и приурочены к зонам их гидротермальной переработки, контролируемым межпластовыми нарушениями. Гидротермальная переработка выражается перекристаллизацией (мраморизацией) известняков и замещением карбонатов кварцем, флюоритом, сульфидами и другими минералами. В сланцах минерализация представлена жильным типом.

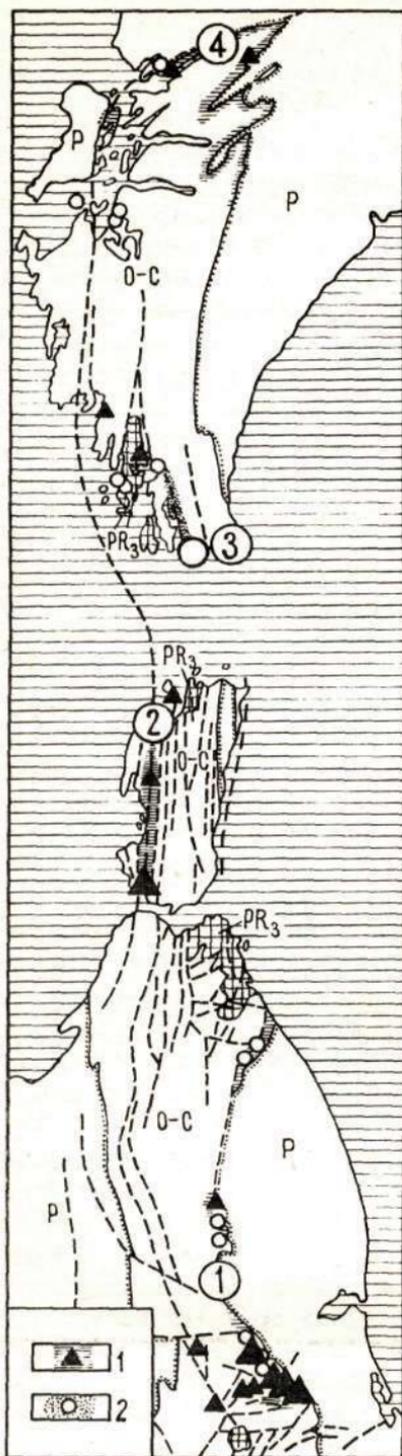


Рис.1. Распределение баритовой и целестиновой минерализации в пределах Пайхойско-Южновоземельской провинции.

1 - баритовые проявления и месторождения; площади потенциально баритовосных районов; 2 - целестиновые проявления и месторождения и площади потенциально целестиносных районов.

Зоны имеют региональное распространение и прослеживаются непрерывно по всему северо-восточному крылу Пайхойского антиклинория и по юго-западному крылу Южноновоземельского.

Минеральный состав зон довольно сложный. Главными нерудными минералами являются кальцит и кварц, часто в значительных количествах присутствует флюорит. В ассоциации с ними постоянно встречаются сфалерит и сульванит, иногда блеклые руды, германит. Барит и целестин встречаются постоянно, но в переменных количествах — от нескольких граммов на тонну до десятков процентов. Соотношение между ними тоже не выдержано: встречаются как барит-целестиновые, так и существенно целестиновые проявления вплоть до крупных мономинеральных залежей того или другого минерала.

Барит более характерен для минерализации жильного типа, локализуемой в турнейских сланцах. В гидротермально-метасоматических зонах, развивающихся по визейско-намюрским известнякам, характер минерализации меняется с юго-востока, от зоны сочленения Пай-Хоя с Уралом, к северу от преимущественно баритовой через барит-целестиновую к преимущественно целестиновой. В юго-восточной части сконцентрированы наиболее крупные баритовые залежи, в том числе и Карское баритовое месторождение. Барит характерен и для самой северной части провинции; в северной приамковской части Южноновоземельского антиклинория высокие содержания  $BaSO_4$  отмечаются во флюоритизированных и пиритизированных зонах в визейских известняках и в пиритизированных карбонатно-кремнистых горизонтах.

Формирование проявлений целестин-барит-флюорит-сфалерит-сульванитовой формации происходило в гидротермальных условиях в интервале температур  $120-300^{\circ}C$  и сопровождалось выносом  $Ca$ ,  $CO_2$ ,  $Mg$ ,  $Al$  и привнесом  $SiO_2$ ,  $Mn$ ,  $P$ ,  $Na$ ,  $K$  и рудных компонентов  $Ba$ ,  $Sr$ ,  $F$ ,  $Cu$ ,  $V$ ,  $Zn$ ,  $Cd$ ,  $Ag$  и др. Содержание последних в среднем по зоне более чем в 10 раз выше, чем во вмещающих породах, а в ряде участков они образуют крупные скопления.

Проявления целестиновой формации локализуются в нижнедевонских (жединских?) карбонатных породах на Южном острове Новой Земли. Минерализация довольно интенсивная и, подчиняясь отчетливому стратиграфическому и литологическому контролю, имеет наложенный характер.

Барит и целестин в гидротермальных рудных месторождениях встречаются в ассоциации с рудными и нерудными минералами. Их содержание зависит от типа месторождений. Барит наиболее характерен для полиметаллических месторождений Вайгача, в

которых он является вместе с флюоритом одним из наиболее поздних минералов. Содержание барита в некоторых разностях руд превышает десять процентов, но обычно ниже. В сфалеритовых проявлениях Новой Земли обнаружен целестин. Для флюоритовых месторождений эти минералы мало характерны, хотя в некоторых флюоритоносных зонах Новой Земли присутствует акцессорный барит. Незначительное содержание барита отмечается и в псиломелановых рудах Силовского марганцевого месторождения на Пай-Хое.

Проявления целестина, связанные с магматическими породами, известны только в двух районах Южного острова Новой Земли. На полуострове Медном акцессорный целестин встречается в зонах постмагматической эпидотизации девонских диабазовых покровов в ассоциации с самородной медью, а также в секущих прожилках кварц-кальцит-эпидот-хлоритового состава. На о-ве Цветном целестин присутствует в сильно эпидотизированной габбро-диабазовой дайке и в ее контактовых роговиках. Очевидно, и в первом, и во втором случаях целестиновая минерализация в магматических породах наложенная.

Россышные проявления барита зафиксированы в долинах практически всех ручьев и речек, прорезающих северо-восточный склон Пай-Хоя. Ширина лентообразного ореола рассеяния барита, начинающегося у транспайхойской зоны гидротермально-метасоматической переработки нижнекаменноугольных известняков и протягивающегося параллельно ей по всему Пай-Хою, достигает 10-20 км. Содержание барита в тяжелой неэлектромагнитной фракции шлихов обычно превышает 50% и часто приближается к 100%. Зерна барита, представляющие собой обломки пластинчатых и призматических кристаллов, иногда переполненных включениями, обычно слабо окатаны. Россышные проявления барита представляют интерес как признаки коренных месторождений.

Таким образом, баритовые проявления Пайхойско-Южноновоземельской провинции далеко не равнозначны по своим масштабам и перспективам. Наиболее интересными являются осадочные сингенетические проявления, проявления целестин-барит-флюорит-сфалерит-сульванитовой и целестиновой формаций. Рассмотрим их более детально, охарактеризовав в качестве примеров типичные проявления каждого из этих типов.

## СЕВЕРОПАЙХОЙСКИЕ ОСАДОЧНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ БАРИТА

Баритоносный горизонт среднедевонского возраста, сложен — ный конкрециями барита, развит на северо-восточном крыле Пайхойского антиклинория и обнажается в долинах ряда ручьев, впадающих слева в р. Кару в районе ее субширотного колена.

Баритовые конкреции были обнаружены в 1970 году В.П. Давыдовым в долине ручья Морей-Шор. В следующем 1971 году разрез баритоносного горизонта исследовался нами. Минералогия барита из наших коллекций изучалась В.М. Складневой [13]. Позднее на этих проявлениях были проведены ревизионные работы А.С. Микляевым.

Баритоносный горизонт общей мощностью около 20 м приурочен к низам разреза падейской свиты девона ( $D_2pd$ ). Эта свита, залегающая на "петельчатых" глинистых известняках и углисто-карбонатных сланцах нижнего девона, представлена толщей глинистых, углисто-глинистых, углисто-кремнистых и хлорит-серицитовых сланцев с прослоями доломитизированных известняков, песчаников, алевросланцев. Количество грубого терригенного материала вверх по разрезу уменьшается.

Строение баритоносного горизонта. Баритовые конкреции концентрируются в кремнистых хлорит-серицитовых сланцах на уровне примерно 10–15 м от подошвы свиты. Содержание конкреций по разрезу горизонта неравномерное. Они концентрируются в средней части горизонта, где образуют насыщенный конкрециями баритовый слой мощностью около 3 м и ряд маломощных (около 0,5 м) прослоев. Содержание  $BaSO_4$  в них составляет 30–40%, у контактов 5–10%. За пределами баритового слоя конкреции встречаются реже, содержание  $BaSO_4$  варьирует от 1,0 до 3,5%. Содержание  $SrSO_4$  как во вмещающих сланцах (0,019%), так и в конкрециях (0,026–0,355%) незначительное. Местами хлорит-серицитовые сланцы секутся прожилками мощностью до 3 см, сложенными пластинчатыми кристаллами барита. Встречаются прослои мономинерального пирита мощностью до 10 см.

Конкреции (рис.2) имеют эллипсоидальную форму, заметно удлиненную и несколько уплощенную (уплощение 0,3). Иногда форма неправильная. Размер по длинной оси колеблется от 5 до 20 см. Поверхность конкреций гладкая или ребристая. Ребристость образована выступающими над поверхностью длинноприз —

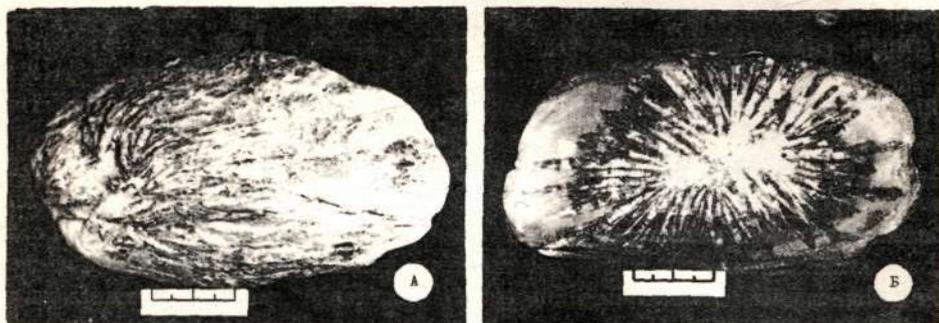


Рис.2. Форма и внутреннее строение баритовых конкреций.

матрическими кристаллами барита, ориентированными удлинением вдоль конкреции и субпараллельными друг другу.

Конкреции, как правило, имеют радиально-лучистое внутреннее строение, обусловленное сферолитоподобной агрегацией призматических баритовых кристаллов. Длина отдельных кристаллических индивидов достигает 40 мм, толщина до 5 x 5 мм. Иногда заметна штриховка, перпендикулярная удлинению. Нередко кристаллы искривлены, очевидно, изгиб происходил в процессе их роста. Встречаются конкреции с веерообразным, ельчатым, параллельно-шестоватым расположением слагающих их кристаллов барита. Довольно широко распространены зональные конкреции с кальцитом или крупнокристаллическим кварцем в центральной части и мелкозернистым карбонатно-глинистым материалом — во внешней.

Кроме барита, кальцита, кварца, глинистого материала в конкрециях в значительных количествах (до 10%) присутствует пирит, образующий вкрапленность кубических и кубооктаэдрических кристаллов по границам баритовых кристаллических блоков и по всей массе конкреции. Кристаллы барита и пирита окружены нередко кварцевыми оторочками.

**Минералогия барита.** Химический состав барита из конкреций приведен в табл.1. Кроме главных компонентов присутствуют (в %): Са и Mg — 0,0n, Mn — 0,01, Ti — 0,003—0,007, Cu — 0,0002—0,0008, Pb — 0,002, Ag — 0,001—0,002. Более широкий комплекс элементов — примесей, в частности присутствие Pb, Ag, Al, и более высокое содержание Mn, Ti, Fe отличают барит конкреций от барита гидротермальных метасоматических залежей близрасположенного Карского месторождения. После исключения механических примесей состав барита может быть охарактеризован формулой  $(\text{Ba}_{0,99} \text{Sr}_{0,01})\text{SO}_4$ .

## Результаты химического анализа баритов

Компоненты	Содержание, вес, %	
	Обр. 8232-1	Обр. 8232-П
П.п.п.	0,48	0,49
SiO <sub>2</sub>	11,28	25,62
SrO	0,20	0,30
BaO	57,74	48,04
SO <sub>3</sub>	30,31	25,33
Σ Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,24	0,28
Сумма	100,25	100,06

Показатели преломления барита:  $n_p = 1,636$ ,  $n_g = 1,644$ ; они мало отличаются от показателей преломления чистого BaO<sub>4</sub>. Плотность, определенная с помощью пикнометра, — 3,9–4,0. Твердость, измеренная методом микровдавливания, меняется от 152 до 209 кг/мм<sup>2</sup>;  $\bar{x} = 180$  кг/мм<sup>2</sup> или 3,7 балла по шкале Хрущева.

Формирование баритоносного горизонта. Баритовая минерализация в карбонатно-терригенном продуктивном горизонте формировалась в стадию седиментогенеза, хотя перекристаллизация конкреций, сопровождающаяся разделением баритовой, кварцевой, кальцитовой и пиритовой фаз и укрупнением индивидов этих минералов, имела место и в стадии эпигенеза и даже при низкотемпературном метаморфизме сланцевой толщи. Аналогичные пайхойским баритовые конкреции были обнаружены на отмелях Японского моря и описаны С.Хитоси [27]. Они характеризуются несколько пониженным по сравнению с нашими содержанием барита и присутствием органического материала. Формируются конкреции на участках морских бассейнов с относительно ограниченным притоком кислорода и с интенсивно проходящим процессом сульфатредукции. Источником бария являются гидротермальные растворы, поступающие в бассейн осадконакопления и генетически связанные с вулканической деятельностью. Геологические условия залегания и строения баритоносного горизонта позволяют сделать предположение о подобном или весьма близком генезисе сингенетической баритовой минерализации в сланцах падейской свиты. Высокое содержание пирита в кон —

крециях и минеральный состав вмещающих пород указывают на резко восстановительные условия формирования конкреций. Реальным представляется и гидротермальный источник бария, так как время наиболее интенсивного проявления основного магматизма в Пайхойоко-Южноновоземельской провинции определяется рубежом среднего — позднего девона, предшествующая ему активизация гидротермальной деятельности начинается с раннего девона.

## КАРСКОЕ БАРИТОВОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

Типичным примером эпигенетической баритовой минерализации, развивающейся по визейским карбонатным породам в зонах их гидротермальной переработки, является Карское баритовое месторождение (рис.3), пожалуй, наиболее перспективное в пре-

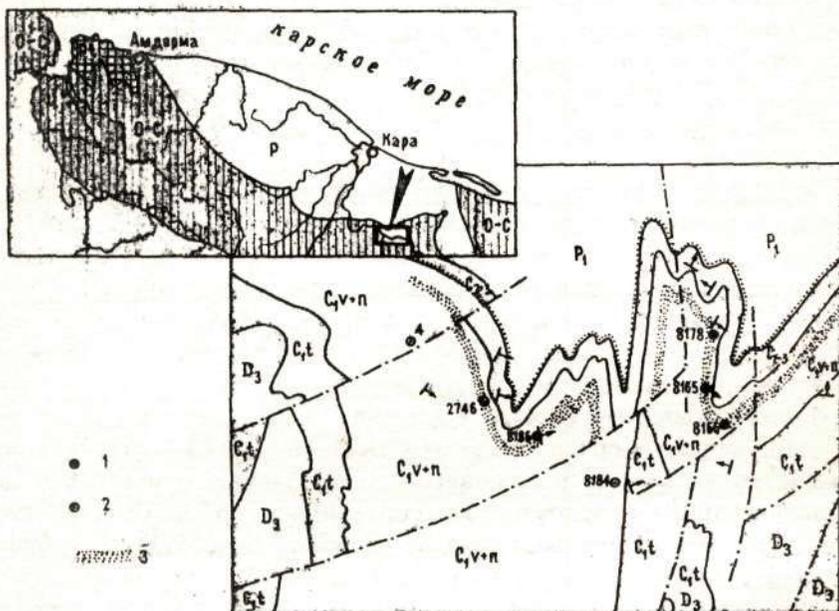


Рис.3. Геологическая схема района Карского баритового месторождения. 1 — крупные выходы баритовых тел; 2 — места находок глыб барита в аллювии; 3 — предполагаемое распространение баритовых тел.

Литогеологический состав:  $D_3$  — яшмовиды и нестрошветные кремнистые сланцы;  $C_{1t}$  — нестрошветные кремнистые сланцы;  $C_{1v+n}$  — углисто-кремнистые сланцы (внизу) и известняки с линзами и желваками кремния (вверху);  $C_{2-3}$  — кремнисто-углисто-глинистые сланцы;  $P_1$  — аргиллиты и алевролиты.

делах Пайхойско-Южноновоземельской провинции [22].

Впервые на наличие барита в этом районе указал О.П.Ушаков, который в 1962 г. сообщил о находке баритовой жилы на р.Каре (вероятно, это наше обн. 8166 на рис.3). В 1967 г. В.А.Чермных передал нам образец полосчатого барита, аналогичного бариту обнаруженных нами позднее рудопроявлений. Барит им был найден на бечевнике правого берега р.Силова-яха, в ее устье (рис.3, точка 4). Остроугольная форма обломка свидетельствует о местном его источнике. М.А.Маслов в 1970 г. провел опробование ушаковской точки на руч.Понтий (обр. 8166), содержание  $BaSO_4$  в которой оказалось 90,1%, и встретил еще одну баритовую зону мощностью 1 м с содержанием  $BaSO_4$  58,4% на левом берегу р.Кары в 1,75 км ниже руч.Ахили (обн. 2746).

В 1971 г. нами был обнаружен целый ряд коренных выходов крупных баритовых тел на правом берегу р.Кары, изучавшихся в последующие годы нами и другими сотрудниками Института геологии Коми филиала АН СССР (Г.Н.Боболович, А.Б.Макеев) и Полярно-Уральского производственного геологоразведочного объединения (А.С.Микляев).

Проведенные исследования не только раскрыли полное сходство условий залегания, строения и состава всех баритопроявлений, но и дают все основания полагать, что они являются фрагментами единого крупного Карского баритового поля, а возможно, даже единого месторождения,

Морфология, строение и состав залежей. Баритовые залежи во всех изученных точках имеют пластообразную форму. Мощность их варьирует от 1 до 3 м, чаще всего составляя 1,5 м. Контакты нерезкие вследствие загрязнения барита приконтактных зон карбонатным и глинистым материалом. Залежи согласны с вмещающими породами, повторяют их дислокационную структуру. Часто прямолинейность контактов нарушается неравномерным проникновением баритовой минерализации во вмещающие породы и развитием зон дробления по контактам.

Для баритовой минерализации характерен строгий литологический и стратиграфический контроль. Вмещающими породами являются темные кристаллические и органогенно-обломочные известняки визейско-намюрской толщи нижнего карбона, содержащие желваки и редкие прослои кремня. Пока не совсем ясно, имеем ли мы дело с единым стратифицированным горизонтом или с системой кулисообразных залежей.

Типичный разрез баритовой залежи наблюдается, например, в обн. 8165, расположенном в 6 км на ВЮВ от устья р.Силова-

яха. Здесь небольшой ручеек, впадающий в руч.Понтий, правый приток реки Кары, прорезает в визейских известняках субширотное ущелье, на северной стенке которого хорошо виден разрез известняков. Баритовая залежь мощностью 3 м имеет зональное строение и состоит из двух зон — переходной и баритовой (рис.4

Переходная зона, развитая непосредственно у контакта с известняком, представлена брекчиевидной породой, состоящей из остроугольных обломков окварцованного и баритизированного

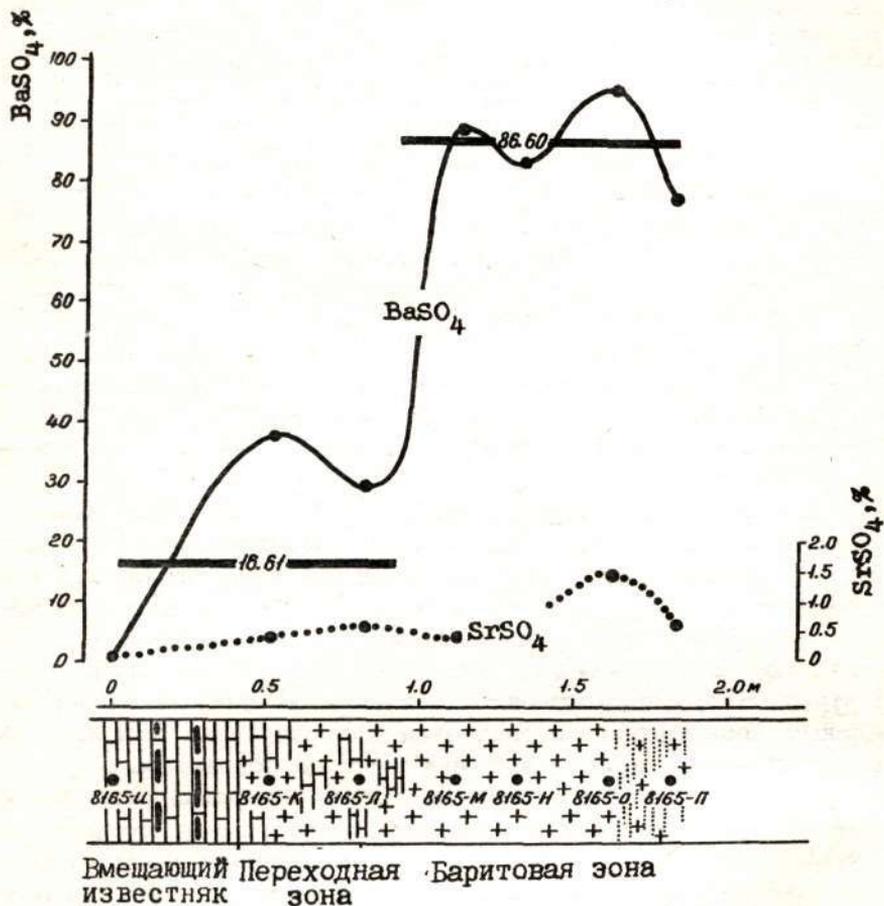


Рис.4. Зональность баритового тела в обн. 8165 (горизонтальными линиями показаны уровни среднего содержания BaSO<sub>4</sub> по данным групповых проб).

известняка, сцементированного белым баритом. Иногда барит образует густую сеть прожилок в более монолитном известняке. В центральных частях прожилок встречается кварц, кальцит, флюорит, антраксолит.

Баритовая зона постепенно, без резкого контакта, сменяет переходную. Она сложена почти мономинеральным белым крупнокристаллическим баритом с редкими скоплениями зерен кварца и глинистых частичек на местах полностью замещенных реликтов известняка. Барит образует радиально-лучистые агрегаты, сгруппированные в параллельные контактам полосы. Участками баритовая зона имеет тонкополосчатое строение за счет чередования белых мономинеральных баритовых полос с полосами темного барита, содержащего примесь кварца и глинистого материала (рис.5).

Характер изменения содержаний  $BaSO_4$  и  $SrSO_4$  от приконтактных частей залежи к центральной одинаков: постепенное увеличение с максимумом в центральной зоне (рис.4). Что же касается элементов-примесей, то наблюдается закономерное снижение их концентрации в процессе баритизации: уменьшаются содержания  $Ti$ ,  $Mg$ ,  $Si$ ,  $Al$ ,  $Fe$ , в центральной зоне исчезают  $V$  и  $Cz$ . Только  $Mn$  резко накапливается в переходной зоне (0,02%), но в центральной его концентрация снижается до 0,01%, не достигая, однако, тех низких значений, которые характерны для вмещающих пород (0,006%). Для переходной зоны характерно также наиболее высокое содержание ртути:  $2 \cdot 10^{-5}\%$  при фоне вмещающих пород  $7,5 \cdot 10^{-6}\%$  и самом низком содер-

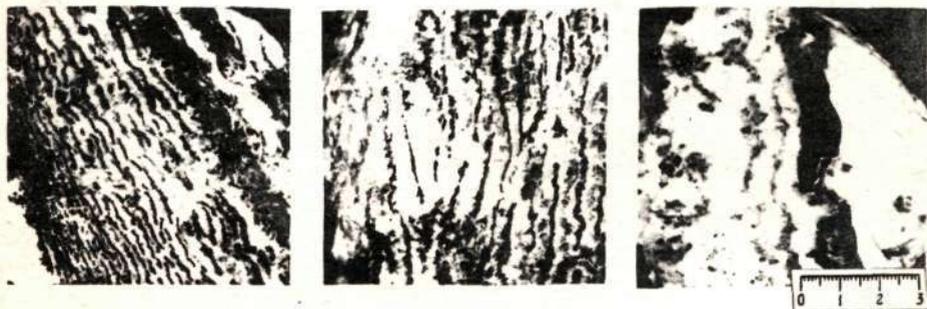


Рис.5. Внутреннее строение баритовых залежей.

жании в центральной зоне ( $3 \cdot 10^{-6}\%$ ).

Минеральный состав залежей не сложен. Главным минералом баритовых руд является барит, который содержится в них в количестве 85–95%. Кроме него в рудах присутствуют кварц, кальцит, флюорит, сульфанит, пирит, антракосолит. Вблизи баритовых залежей встречаются многочисленные кальцитовые и кварц-кальцитовые прожилки с сульфанитом и оранжевым марганцовистым сфалеритом, содержащим  $MnS$  до 13,87% и  $CdS$  до 3,19, однако возрастное их соотношение с баритовой минерализацией не выяснено.

Минералогия барита. Барит образует удлиненные кристаллы призматического габитуса. Кристаллы находятся в тесном срастании друг с другом, формируя сферолитоподобные агрегаты. Кристаллы, как правило, деформированы: имеют блоковое строение с довольно существенной (несколько градусов) разориентацией блоков или разбиты полосами деформации, хорошо заметными благодаря мелкой трещиноватости и обилию вторичных газовой-жидких включений.

В некоторых участках, в частности, в кварцевых прожилках в ядре антиклинали встречаются обособленные кристаллики желтого полупрозрачного барита, нарастающие на кристаллы водяно-прозрачного кварца (рис.6). Облик кристаллов сильно уплощенный, таблитчатый, габитус пинакоидальный, размер 5–8 мм вдоль наиболее развитого направления  $[010]$ . Кристаллы барита образованы габитусными гранями пинакоида  $\{001\}$  в комбинации с ромбическими призмами  $\{011\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{102\}$ . Грани кристаллов часто матовые со следами природного травления.

Кристаллы барита зональны. Центральная зона "ядра" кристалла характеризуется наличием большого количества газовой-жидких включений с резко непостоянным соотношением фаз — от чисто газовых до чисто жидких. Морфологические особенности включений свидетельствуют, что централь-

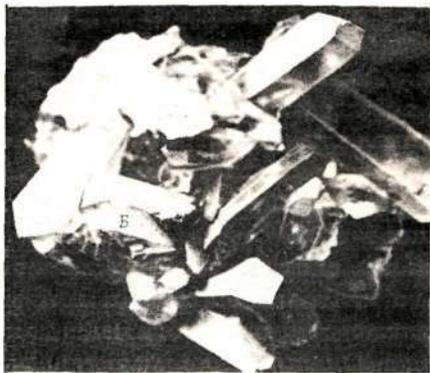


Рис.6. Кристалл барита (Б) в друзе кварца.

ная зона кристаллов формировалась с высокой скоростью в условиях быстрого падения температуры раствора, что способствовало неравномерному расщуриванию включений и изменению степени их заполнения. "Ядро" кристалла, образованное гранями ромбической призмы  $\{110\}$ , имеет изометричный облик.

Средняя зона сложена бесцветным баритом. В ней наблюдаются параллельные ребрам  $(110) : (001)$  цепочки газожидких включений, сгруппированных в пространственный реберный каркас, как бы окружающий "ядро" кристалла. Размер включений  $0,03-0,08$  мм, они характеризуются одинаковой степенью заполнения. Полости включений полностью или частично огранены. Температура гомогенизации включений варьирует от  $56$  до  $65^{\circ}\text{C}$ , температура их разгерметизации  $64-98^{\circ}\text{C}$ , температура гетерогенизации  $26-60^{\circ}\text{C}$ , но в некоторых случаях газовый пузырек не появляется и при охлаждении до  $20^{\circ}\text{C}$ .

Наружная зона, развитая только на гранях  $\{110\}$ , сложена желтоватым баритом и характеризуется тонкой внутренней зональностью. В этой зоне встречаются многочисленные веретенообразные жидкие включения, выполняющие каналы — следы отталкиваемых твердых шарообразных включений пирита. По отсутствию в них газовых пузырьков можно говорить о сравнительно низкой температуре растворов в самом конце процесса кристаллизации.

Состав карского барита приведен в табл.2.

Помимо таких примесей, как  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{CO}_2$ , которые явно связаны с механическими включениями кварца и кальцита, обращает на себя внимание постоянное присутствие  $\text{SrO}$  в умеренных количествах — от  $0,26$  до  $1,48\%$ . В общем состав барита варьирует в сравнительно узких пределах — от  $(\text{Ba}_{0,97} \text{Sr}_{0,03}) \text{SO}_4$  до  $(\text{Ba}_{0,99} \text{Sr}_{0,01}) \text{SO}_4$ , но намечаются некоторые различия барита из различных, наиболее удаленных друг от друга выходов баритовых залежей. Так, для залежи в обн. 8136 характерно наиболее низкое содержание стронция в барите ( $0,26\% \text{SrO}$ ), для обн. 8178 и 8165 — умеренное ( $0,60-1,17\% \text{SrO}$ ), для обн. 8166 — наиболее высокое ( $1,48\% \text{SrO}$ ). Барит содержит незначительное количество микропримесей.

Сравнивая состав барита карского района с уральскими баритами (Полярный и Приполярный Урал) из зон гидротермальной переработки липаритовых пород, образцы которых переданы нам Б.А.Голдиным и В.И.Мизиним, можно заметить их существенные различия. Так, во всех образцах уральских баритов присутству-

Состав и физические свойства карского барита

Компоненты	Номера проб (соответствуют номерам обнажений на карте)						
	8165-е	8165-ж	8165-л	8165-н	8166	8178	8186
Результаты химических анализов							
SiO	1,17	0,67	0,60	0,90	1,48	1,08	0,26
BaO	64,18	64,34	64,50	64,55	62,84	64,40	64,07
SO <sub>3</sub>	34,43	34,27	34,15	34,41	33,97	34,47	33,66
SiO <sub>2</sub>	0,05	0,10	0,13	0,03	0,10	0,08	1,15
CaO	не обн.	0,28	0,29	не обн.	0,83	не обн.	0,30
CO <sub>2</sub>	не обн.	0,29	0,30	не обн.	0,67	не обн.	0,12
П.п.п.	0,38	0,36	0,48	0,22	0,76	0,18	0,36
Сумма	100,22	100,04	100,15	100,12	99,99	100,21	99,81
Состав примесей по данным спектральных анализов							
Mn	сл.	0,008	0,001	сл.	0,002	сл.	0,001
Cu	$2 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
Ti	не обн.	не обн.	не обн.	сл.	не обн.	не обн.	не обн.
Mg	0,00н	0,00н	0,00н	0,0н	0,0н	0,0н	0,00н
Fe	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.	сл.
Cz	0,01	0,02	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02
Физические свойства							
Показатели преломления ( $\pm 0,002$ ):							
n <sub>g</sub>	1,649	1,648	1,647	1,648	1,648	1,649	1,648
n <sub>p</sub>	1,637	1,636	1,634	1,636	1,637	1,637	1,637
Плотность	4,386	4,313	4,307	4,429	4,353	4,427	3,933
Эндотермический эффект, °C	1215	1205	1200	1205	1210	1215	1240

ет свинец (0,003–0,005%), серебро ( $5 \cdot 10^{-5} - 3 \cdot 10^{-4}\%$ ), титан (0,003–0,1), не характерные для баритов Кары, но отсутствует хром, который постоянно содержится в карских баритах в количестве 0,01–0,03%. Уральские бариты более высокостронциевые (1,79–2,73% SrO).

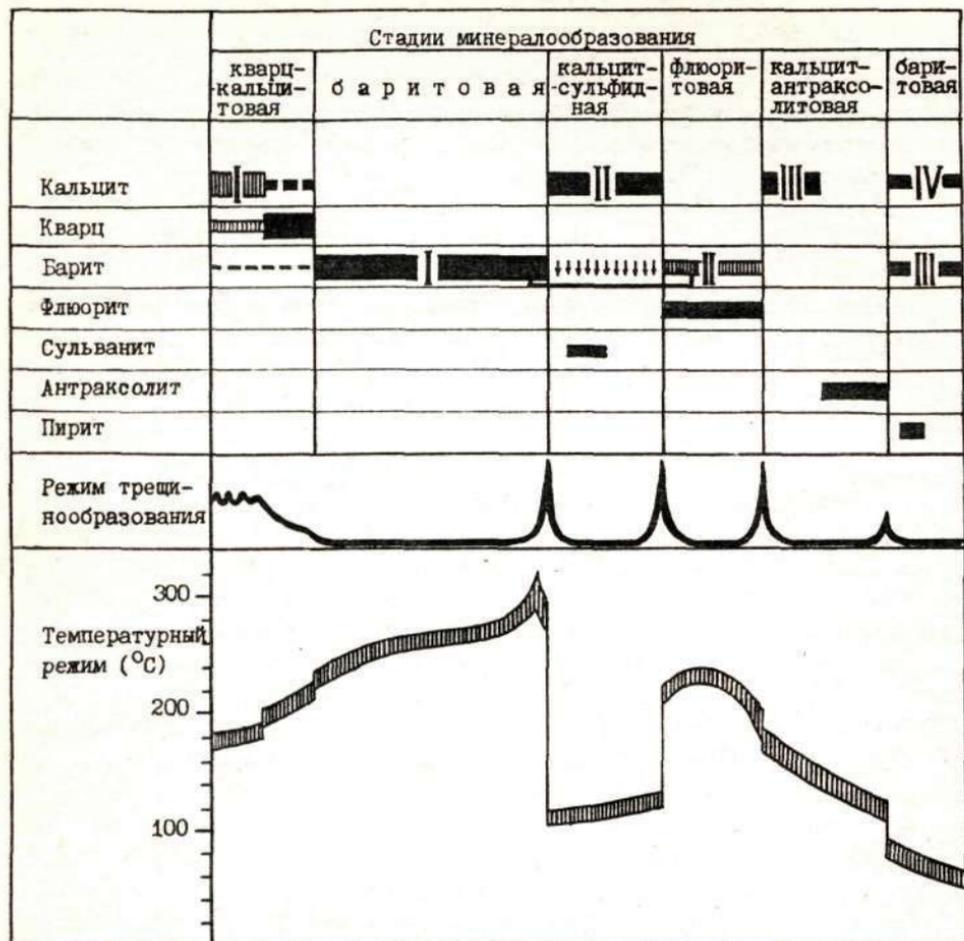
Рентгенограммы изученных баритов идентичны друг другу и эталонному бариту, намечается лишь тенденция слияния двойного отражения от плоскостей (113) и (312) при 2,117 и 2,103Å с образованием в ряде случаев одной сплошной широкой линии и некоторое смещение линий от 2,117 до 2,113Å и 2,103Å до 2,101Å с увеличением содержания стронция. Однако эти изменения выражены не столь резко, как в высокостронциевых баритах [26]. Целестиновая фаза рентгеноструктурным анализом, как, впрочем, и другими методами, не обнаруживается.

Плотность, определенная пикнометрическим методом ( $\pm 0,005$ ), меняется довольно существенно; от 3,933 до 4,429. Резко сниженные значения плотности объясняются, конечно, присутствием включений кварца и кальцита, что видно по данным химанализов, но наблюдается и заметная связь величины плотности с содержанием стронция. Так, низкостронциевый барит (0,26% SrO) имеет плотность 3,933, умеренно-стронциевый (0,60–0,67% SrO) – 4,307–4,313, относительно высокостронциевый (0,90–1,48 SrO) – 4,353–4,429. Твердость барита варьирует от 150 до 210 кг/мм<sup>2</sup>. Суммарная вариационная кривая твердости имеет один максимум, отражающий среднее ее значение – 170 кг/мм<sup>2</sup> (3,6 по шкале Хрущева).

Кривая нагревания барита характеризуется наличием узкого глубокого эндоэффекта с несколько меняющимся у разных образцов (от 1200 до 1240°C) положением максимума. В.П.Иванова [4] среди эталонных термограмм приводит термограмму барита с эндоэффектом 1150°. Причина смещения эффекта в область более высоких температур у карского барита, как и вариации его положения на разных термограммах, пока не ясны. Какая-либо связь с содержанием примесей незаметна. На термограммах, содержащих примесь карбоната, проявляется отчетливый "карбонатный" эффект в области 900–950°C.

Таким образом, по комплексу свойств карский барит мало отличается от чистого сульфата бария, но все же присутствие стронция накладывает на них некоторый отпечаток.

Стадийность формирования залежей. Формирование барита и ассоциирующей с ним эпигенетической минерализации развивалось в сильно меняющемся режиме минералообразующих растворов, о чем свидетельствует ее многостадийность. По данным онтогене-



перекристаллизация     кристаллизация (в т.ч. с замещением)     растворение

Рис.7. Последовательность кристаллизации минералов Карского баритового месторождения с данными о режиме кристаллизации.

тического изучения индивидов и агрегатов устанавливается следующая последовательность их кристаллизации (рис.7).

Кварц-кальцитовая дорудная стадия отражает на начало взаимодействия рудообразующих растворов с вмещающими

породами и характеризуется преимущественным развитием процессов перекристаллизации слагающих известняки минералов — кальцита и кварца. В приоткрытых полостях трещин растяжения кристаллизуются друзы кристаллов кальцита и кварца, иногда кварц и кальцит выполняют трещины, формируя кварцевые и кальцитовые прожилки. Кристаллы кальцита содержат включения различной природы и морфологии: от однофазных жидких до трехфазных (водный раствор + уголекислота + газ). Температура гомогенизации первичных включений в перекристаллизованном кальците —  $170-180^{\circ}\text{C}$ , в кристаллах кварца —  $194-204^{\circ}\text{C}$ , в жильном кварце —  $223-225^{\circ}\text{C}$ . Широкое развитие "взорванных" включений с ореолами залеченных трещин свидетельствует о более высоких температурах последующих стадий минералообразования.

Баритовая рудная стадия является главной и наиболее продуктивной стадией формирования месторождения, в течение которой выкристаллизовывалась основная масса барита, метасоматически замещавшего известняк. Изучение эволюции включений в барите раскрывает довольно сложную температурную историю этой стадии. Самые ранние включения двухфазные и многофазные с  $\text{CO}_2$ , аномальные, с неравномерным наполнением, указывающие на очень высокую скорость кристаллизации. Несколько более поздние сингенетические включения содержат раствор, жидкую  $\text{CO}_2$ , газы, твердую фазу с яркими цветами интерференции. Они, как правило, взорваны, с ореолами залеченных трещин. Температура гомогенизации наиболее мелких сохранившихся включений варьирует от  $235$  до  $268^{\circ}\text{C}$ . Еще более поздние сингенетические включения (без уголекислоты) гомогенизируются при температурах  $260-285^{\circ}$ . Баритовые зерна переполнены различными эпигенетическими включениями в залеченных трещинах. Одна их генерация (изометричные) формировалась в условиях снижающейся от  $305$  до  $282^{\circ}\text{C}$  температуры, вторая (амебовидные) — в условиях постоянной температуры  $250-256^{\circ}\text{C}$ . Эти данные позволяют предположить наличие в завершение процесса баритообразования температурного скачка, по крайней мере, до  $300^{\circ}\text{C}$  с последовавшим затем резким падением температуры.

Кальцит-сульфидная стадия характеризуется кристаллизацией относительно низкотемпературного кальцита второй генерации. Он выполняет промежутки между индивидами барита и центральные полости приконтактных прожилков, содержит включения мелких зерен сульванита. Температуры гомогенизации включений  $110-130^{\circ}$ , но в большинстве случаев включе —

ния взорваны. Индивиды барита несут следы травления, развивающегося в эту стадию.

Флюоритовая стадия, помимо кристаллизации флюорита в приконтактной зоне баритовых тел и в секущих прожилках, характеризуется перекристаллизацией раннего барита с образованием мелкозернистого барита—II вдоль трещин и зон дробления. Температуры гомогенизации субсингенетических трехфазовых (с жидкой уголекислотой) включений во флюорите 170—230°C, различные группы вторичных включений 162—125°C; 112—75°C (снижающийся режим температуры); в барите—II — 218—245°C.

Кальцит—антраксолитовая стадия характеризуется кристаллизацией кальцита—III с двухфазными включениями, гомогенизирующимися при 120—130°C, и графитизированного органического вещества, условно называемого нами антраксолитом (по своим свойствам оно аналогично органическому веществу из других гидротермальных месторождений западного склона Урала, Вайгача и Новой Земли, описанному, например, В.Д.Тихомировой, [14]).

Поздняя баритовая стадия является заключительной стадией формирования минерализации. Ее продукты — описанные выше пластинчатые кристаллы барита с включениями пирита и ромбоэдрические кристаллы кальцита—IV.

Смена одной стадии минералообразования другой сопровождается усилением интенсивности трещинообразования.

Данные о последовательности кристаллизации минералов с наиболее вероятной эволюцией режима минералообразования сведены на диаграмме (рис.7).

Тот факт, что баритовое месторождение в своем развитии проходит кальцит—сульфидную стадию и что в районе месторождения широко развиты сульфидные проявления (сульванит, сфалерит), имеет большое значение. Он позволяет предположить, что карские баритовые месторождения могут относиться к барит—сульфидному типу, тому же, что и известные месторождения Южного Казахстана, например Жайремское [2,10], или Закарпатья. Выходы баритовых руд тогда можно трактовать как верхнюю баритовую зону сульфидно—баритового месторождения. Обычно в месторождениях подобного типа баритовая зона прослеживается до глубины около 150 м, сульфидно—баритовая — до 200—220 м, сульфидная — глубже 220 м. Это предположение дает возможность более оптимистически подойти к утилитарной оценке баритовых месторождений карского района.

## ЦЕЛЕСТИНОВЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ КАРСКИХ ВОРОТ (НОВАЯ ЗЕМЛЯ)

Наиболее интересные проявления целестина известны на Новой Земле [21].

На Южном берегу бухты Каменка, выходящей в пролив Карские Ворота, обнаружена интенсивная целестиновая минерализация. Рудные залежи здесь обнажены на небольшом островке, сочлененном с берегом около Землянки Пахтусова песчаными косами-пересыпями. Присутствие незначительных количеств целестина в карбонатных жилах этого района отмечал в 1959 г. В.И.Бондарев.

Островок сложен темно-серыми тонкокристаллическими доломитами, переслаивающимися с известняками и мергелистыми сланцами. Возраст их нижнедевонский, предположительно жединский. Слагая северо-восточное крыло антиклинория, породы погружаются на СВ под углом  $65^{\circ}$ . Местами они разбиты кварц-кальцитовыми прожилками мощностью около 20 мм.

Морфология, строение и состав целестиновых тел. В обрывистом юго-восточном берегу островка обнажены три целестиновые зоны.

Восточная зона представляет собой серию прослоев темно-серого почти черного массивного доломита мощностью 0,3–1,5 м, залегающих между прослоями тонкослоистых рассланцованных доломитов. Черные доломиты сильно кавернозны (рис. 8 а). Размер каверн от нескольких до 20 см, распределение их неравномерное, контролируется плоскостями контактов и трещинами, что указывает на их вторичную природу. Стенки каверн покрыты кристаллами целестина размером до 10 мм или целестиновыми корками, иногда выполнены целестином нацело. В некоторых жеодах на целестиновые кристаллы нарастает кальцит. В этих же массивных доломитах довольно часто встречаются системы коротких согласных целестиновых прожилков мощностью до 1,5 см, часто с жеодами в раздувах. Общая мощность зоны с целестиноносными прослоями около 50 м.

Средняя зона представлена прослоем светло-серого доломита мощностью 0,5 м, залегающего в черном. В этом доломите наблюдаются довольно крупные пустоты цилиндрической

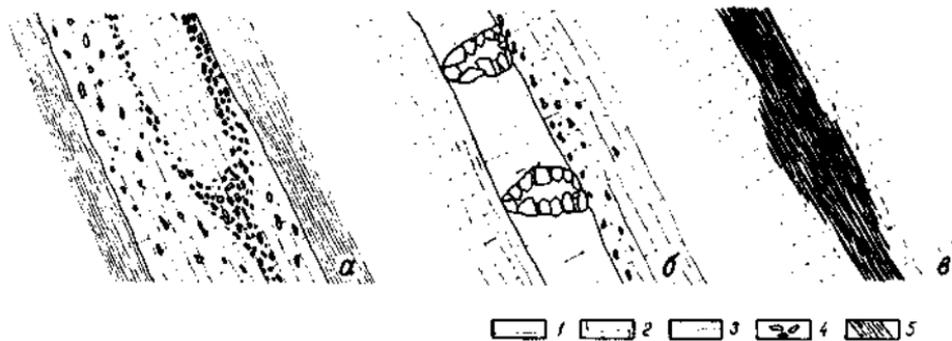


Рис.8. Особенности строения целестиновых тел (а - в восточной зоне, б - толстослоистый, в - глинистый; 4 - целестиновые жеоды; 5 - полосчатый целестин.

формы, иногда проникающие через весь прослой от контакта до контакта (рис. 8 б). Стенки этих пустот покрыты эффектными друзами крупных (до 50 мм) кристаллов голубоватого целестина, как правило, представляющих параллельные сростки более мелких (около 10 мм) субиндивидов.

Западная зона представлена согласной метасоматической почти мономинеральной целестиновой жилой (рис. 8 в). Жила линзовидная, с раздувами и пережимами, средняя мощность ее около 0,4 м. Вмещающие доломиты около жилы несколько осветлены, мощность зоны осветления 0,2 м. В контактовой зоне наблюдается большое количество целестиновых прожилок мощностью 10-20 мм. Под микроскопом контактовый доломит более крупнокристаллический, перекристаллизованный, с вкрапленностью пирита и довольно крупными зернами вкрапленного целестина.

Метасоматическая целестиновая жила в разрезе имеет полосчатое строение и состоит из чередующихся слоев мощностью 10-20 мм светло-голубого или бесцветного прозрачного целестина и слоев серого или темно-серого целестинизированного доломита. Целестиновые слои сложены друзовыми агрегатами (около 10 мм) брусковидных кристаллов целестина, несколько блокированных. Часто в результате самоочистки доломитовая крошка отжимается в интерстиционные промежутки (рис. 9).



Рис.9. Включения доломита по границам целестиновых монокристаллов в целестиновом агрегате замещения. Николи X. Увелич. 40.

Общая мощность целестиноносной толщи около 100 м.

Минералогия целестина. Новоземельский целестин, как свидетельствуют данные химических и спектральных анализов (табл.3), содержит незначительное количество примесей, среди которых более существенной является примесь бария (0,09 - 1,08% BaO). Целестин центральной и западной зон заметно обогащен барием по сравнению с мелкими кристаллами восточной зоны. Содержание других элементов не меняется.

Целестин и в кристаллах, и в зернах неправильной формы бесцветный или светло-голубой, водянпрозрачный.

В восточной и центральной зонах целестин встречается в виде сравнительно хорошо ограненных кристаллов изометричного или несколько удлиненного облика. В восточной зоне удлинение по [001] (рис.10 а), в центральной - по [100]. Габитус кристаллов призматический. Простые формы {001}, {010}, {110}, {102}, {111}, {112}, {210}, {324}. Вычисленные по средним сферическим координатам отношения осей для

## Состав и физические свойства целестина

Компоненты	Целестин из восточной зоны, проба 15273	Целестин из центральной зоны, проба 15273 в	Целестин из западной зоны, проба 15273 г
------------	---	---	--

## Результаты химического анализа

SrO	56,21	55,07	55,42
BaO	0,09	1,08	0,79
CaO	0,05	0,05	0,05
MgO	нет	0,22	нет
MnO	0,025	0,03	0,03
SO <sub>3</sub>	43,50	43,15	43,26
П.п.п. (без SO <sub>3</sub> )	0,17	0,54	0,50
Сумма	100,04	100,14	100,05

## Результаты спектрального анализа

Mo	0,001	$6 \cdot 10^{-4}$	0,003
Cu	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Ti	0,008	0,008	0,02
Si	0,00n	0,0n	0,0n
Al	0,00n	0,00n	0,00n
Fe	0,00n	0,00n	0,00n
La	нет	сл.	нет

Кристалло-химическая формула	(Sr <sub>0.998</sub> Ba <sub>0.001</sub> Ca <sub>0.001</sub> ) <sub>1.000</sub> SO <sub>4</sub>	(Sr <sub>0.986</sub> Ba <sub>0.013</sub> Ca <sub>0.001</sub> ) <sub>1.000</sub> SO <sub>4</sub>	(Sr <sub>0.989</sub> Ba <sub>0.010</sub> Ca <sub>0.001</sub> ) <sub>1.000</sub> SO <sub>4</sub>
------------------------------	---	---	---

Плотность		3,911	3,812	3,933
Показатели преломления	n <sub>g</sub>	1,631	1,631	-
	n <sub>m</sub>	1,624	1,623	-
	n <sub>p</sub>	1,622	1,621	-

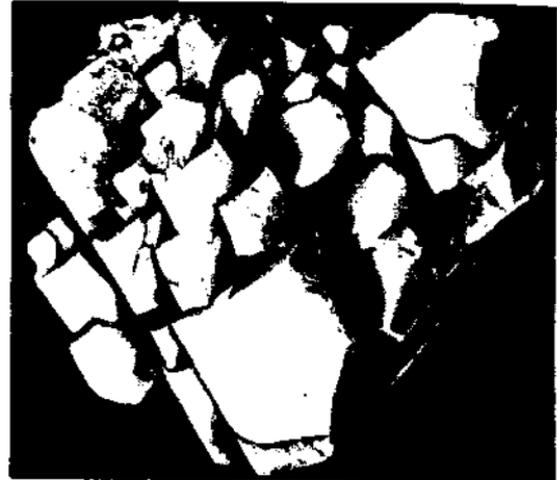


Рис. 10. Кристаллы и параллельные сростки кристаллов целестина (а - увел. 10, б - натур. велич.).

кристаллов целестина равны  $a : b : c = 0,7792 : 1 : 1,2745$  (в справочной литературе, например у И. Костова [8], приводится отношение  $a : b : c = 0,7802 : 1 : 1,2756$ ). Очень часто, особенно в центральной зоне, встречаются параллельные сростки кристаллов целестина (рис. 10 б).

Кристаллы целестина содержат большое количество жидких включений, распределенных преимущественно по залеченным трещинам во внешних зонах кристаллов. Характерной особенностью всех включений является их однофазность — почти все включения содержат одну воду, и только в некоторых из них наблюдаются крупные пузырьки газа. Впрочем, однофазность включений характерна для целестина из всех эпигенетических месторождений [15]. Среди первичных и вторичных включений встречаются как ограниченные, так и не ограниченные.

Крупные кристаллы целестина имеют зональное строение, отражающее эволюцию формы кристалла. (рис. 11). Фиксируется последовательная смена габитусов: 1)  $\{102\} + \{011\} \rightarrow$  2)  $\{110\} + \{011\} \rightarrow$  3)  $\{110\} \rightarrow$  4)  $\{102\} + \{011\} \rightarrow$  5)  $\{110\} + \{011\}$ . Границы перехода от одного габитусного типа к другому отмечены замутненными трещинными зонками,

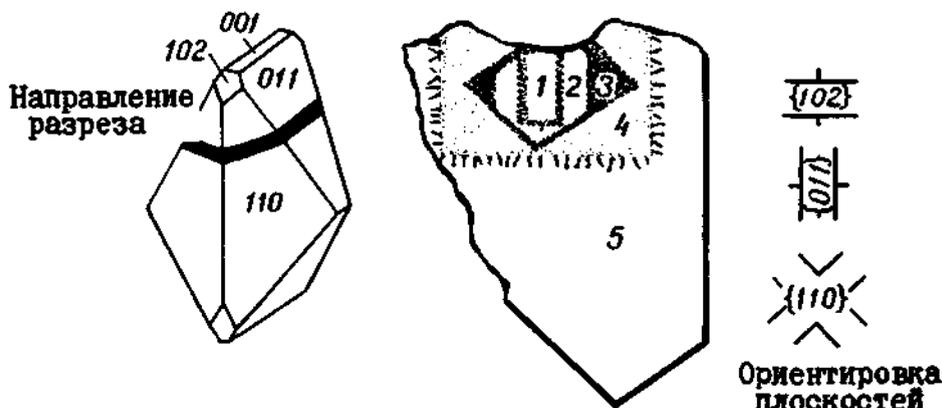


Рис.11. Схема зонального строения кристалла целестина.

являющимися следствием разрешения напряжений на границе между структурно неидентичным материалом (явление гетерометрии). На границе между габитусами 1 и 2 наблюдаются многочисленные изометричные включения пирита, оттеняющие границу. Включения пирита характерны и для границы габитусов 3 и 4, но здесь включения имеют веерообразную форму с переменным поперечным сечением, указывающим на совместный рост пирита и целестина. Особенности геометрии этой границы позволяют предположить некоторое растворение кристалла, имевшее место при смене габитусов.

По своим морфологическим особенностям кристаллы новоземельского целестина близки к целестинам некоторых инфильтрационных месторождений, в частности метасоматических целестиновых месторождений Средней Азии и серных месторождений Предкарпатъя [7, 11, 19].

Формирование целестиновой минерализации. Целестиновая минерализация в бухте Каменка имеет явно эпигенетический характер. Тела выполнения готовых полостей восточной и центральной зон сменяются метасоматическими в западной зоне. Особенности строения целестиновых агрегатов свидетельствуют о синхронности процессов выполнения и замещения. Последовательность кристаллизации минералов одна и та же: на ранних

стадиях процесса кристаллизовался мономинеральный целестин, временами вместе с небольшим количеством пирита. В заключительные моменты стадии количество сокристаллизующегося с целестином пирита заметно увеличивается. Минералообразование завершается кристаллизацией кальцита, вероятно, после некоторого перерыва. Парагенезис целестина в залежах, следовательно, не сложен. Судя по однофазности включений в кристаллах, особенностям замещения доломитовых пород, парагенезису целестина, минерализация формировалась из относительно холодных стронциевых растворов, мигрировавших по системе межпластовых разломов, нарушающих залегание жединской доломитовой толщи.

Близкие к новоземельским строение и генезис имеют крупные целестиновые месторождения ряда районов Средней Азии [3, 6, 12].

## ВОПРОСЫ ГЕНЕЗИСА БАРИТОВОЙ И ЦЕЛЕСТИНОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Характеризуя отдельные типы баритовых и целестиновых месторождений, мы рассматривали некоторые особенности их формирования, в частности последовательность и условия кристаллизации минералов, стадийность процесса рудообразования и др. Мы уже обращали внимание на полигенный характер баритовой и целестиновой минерализации и на наличие как осадочных сингенетических, так и эпигенетических рудопроявлений. Очевидно, в Пайхойско-Южноновоземельской провинции в процессе ее геологического развития происходило неоднократное накопление и перераспределение бария и стронция, обусловившее такое разнообразие генетических типов его концентраций. Для решения металлогенетических проблем и определения перспектив барий- и стронциеносности провинции необходимо поэтому проанализировать вопросы об источниках бария и стронция, путях и условиях их миграции, особенностях их концентрации. Однако прежде чем перейти к этим вопросам, рассмотрим особенности распределения этих элементов в магматических и осадочных породах провинции и в различных типах минеральных месторождений (табл. 4).

Распределение Ba и Sr в магматических породах определяется их петрографическими особенностями. Содержание этих элементов в породах всех базальтоидных комплексов, как эффузивных, так и интрузивных, варьирует в одних довольно уз-

Таблица 4

Содержание Ba и Sr в некоторых породах Бай-Хой, о-ва Вайгач и Новой Земли

Порода и возраст	Количество проб	Барий			Количество проб	Стронций			Отношение Sr/Ba (мол.количество)
		от	до	среднее		от	до	среднее	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

## Магматические породы

Бай-Хой

Недифференцированное тело базальтоидов центральной байкойского комплекса

32 0,0049 0,22 0,019 32 0,0025 0,25 0,036 3,15

Дифференцированное тело

13 0,006 0,041 0,018 13 0,0025 0,20 0,056 4,92

Диабазовые тела в S<sub>2</sub> (р.Синяя)

7 0,19 1,0 0,195 7 0,016 0,038 0,023 0,22

Диабазовые тела в O<sub>1</sub>t (Амдерма)

6 0,0024 0,028 0,086 6 0,020 0,25 0,028 0,51

Диабазовые тела в PR<sub>3</sub> дат (район Амдермы)

20 0,0027 0,028 0,014 19 0,020 0,25 0,11 13,00

Диабазы (Карекки доирессны)

3 0,006 0,019 0,012 3 0,006 0,007 0,007 0,22

Кварцевые диориты (Митше-Мырик)

6 0,019 0,064 0,041 6 0,006 0,11 0,028 1,06

Диориты (Тарасовы)

5 0,052 0,079 0,066 5 0,001 0,028 0,018 0,44

Вайгач

Дайки диабазов в зоне вайгачских разломов

18 0,0076 0,094 0,027 18 0,017 0,073 0,031 1,84

Диабазы в PR<sub>3</sub>

1 - - 0,037 1 - - 0,055 2,10

Новая Земля

Базальтоиды кюстин-шарского эффузивного комплекса

11 0,0085 0,046 0,018 12 0,004 0,070 0,030 2,62

Порфириты неизмененные (о-во Медный)

4 0,009 0,011 0,009 4 0,004 0,009 0,021 3,69

Порфириты эпидотизированные с самородной медью

7 0,0025 0,0094 0,005 7 0,002 0,12 0,06 18,89

Диабазы в P<sub>1</sub>3

8 0,003 0,028 0,013 7 0,009 0,024 0,017 2,00

Габбро-диабаз (о.Цветной)

3 0,085 0,034 0,022 3 0,12 0,19 0,16 11,25

## Осадочные породы

Аргиллиты и известняки (P<sub>1</sub>)

4 0,014 0,029 0,018 4 0,006 0,010 0,008 0,69

Известняки, Бай-Хой (C<sub>1</sub>v)

17 0,002 0,071 0,029 17 сл. 0,067 0,036 1,95

Известняки, Вайгач (C<sub>1</sub>t)

3 0,0055 0,015 0,008 3 0,020 0,054 0,033 0,17

Известняки, Новая Земля, р-н Карекки Ворот (C<sub>1</sub>v-n)

4 0,0031 0,0045 0,0037 4 0,008 0,042 0,026 10,74

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Известняки, Новая Земля, северная и центральная часть (С <sub>1</sub> v-α)	11	0,0028	0,015	0,0067	11	0,009	0,17	0,039	8,38
Сланцы, Пай-Хой (С <sub>1t</sub> )	10	0,005	0,073	0,026	11	0,001	0,039	0,013	0,79
Кремнистые сланцы и дымки, Пай-Хой (D <sub>3</sub> )	15	0,0028	0,034	0,010	15	0,0010	0,0160	0,0145	2,28
Известняки, Новая Земля (D <sub>3</sub> )	4	0,0035	0,009	0,005	4	0,030	0,044	0,036	11,38
Известняки и известковистые сланцы, Пай-Хой (D <sub>2</sub> sv)	12	0,005	0,072	0,024	12	0,0038	0,073	0,033	2,17
Известняки и доломиты р. Кара (D <sub>2</sub> pd)	3	0,004	0,034	0,017	3	0,004	0,012	0,007	0,62
Сланцы, р. Силоваяха (D <sub>2</sub> pd)	2	0,157	0,175	0,166	2	-	-	0,004	0,03
Баритовый горизонт в D <sub>2</sub> pd, СВ Пай-Хой	12	1,15	3,50	2,50	сборная	-	-	0,019	
Слой баритовых конкреций в баритовом горизонте	5	9,12	30,8	26,5	проба	-	-		
Известняки и глинистые известняки, Новая Земля (D <sub>2</sub> )	4	0,002	0,027	0,012	4	0,014	0,093	0,054	7,13
Известняки, Новая Земля р-н Каменки (D <sub>2</sub> )	7	0,0036	0,013	0,008	7	0,029	0,1	0,054	10,69
Известняки, Новая Земля (D <sub>1</sub> )	78	0,002	0,03	0,0048	79	0,014	0,29	0,111	37,14
Известняки и доломиты, Вайгач (S)	5	0,0035	0,0079	0,0050	5	0,0049	0,0082	0,0012	1,75
Известняки, Новая Земля (S <sub>2</sub> )	9	0,0032	0,014	0,009	9	0,046	0,27	0,127	21,37
Доломиты и доломиты - эврованские известняки, Новая Земля, бухта Северная (S <sub>1</sub> )	14	0,0024	0,0080	0,0043	14	0,005	0,044	0,013	4,84
Известняки, Новая Земля, район Каменки (S <sub>1</sub> )	7	0,002	0,0064	0,0040	7	0,0074	0,16	0,044	17,24
Доломиты, Вайгач (O <sub>1</sub> )	20	0,0030	0,1	0,0125	20	0,0015	0,072	0,0100	1,33
Известняки - - (O <sub>1</sub> )	7	0,0036	0,033	0,0128	7	0,011	0,048	0,0265	3,33
- - - - (O <sub>2</sub> )	19	0,0025	0,011	0,0066	19	0,0054	0,11	0,0250	5,60
Известняки, Новая Земля (O <sub>2</sub> )	1	-	-	0,0070	1	-	-	0,098	21,76
Известняки, Вайгач (O <sub>1</sub> )	5	0,0080	0,13	0,0346	5	0,025	0,11	0,0506	2,32
Кварциты, Мишель-Мыльк (O <sub>1</sub> )	2	0,018	0,022	0,020	2	0,007	0,014	0,008	0,64
Известняки, Пай-Хой (PR <sub>3</sub> am)	3	0,0031	0,0077	0,0037	3	0,036	0,090	0,063	24,00
Известняки окварцованные, Пай-Хой (PR <sub>3</sub> mtz)	4	0,009	0,061	0,048	1	0,009	0,025	0,016	0,51
Сланцы, Вайгач (PR <sub>3</sub> )	2	0,021	0,046	0,038	2	0,0064	0,034	0,020	0,95
Сланцы, Мишель-Мыльк (PR <sub>3</sub> )	2	0,025	0,043	0,034	2	0,0022	0,0025	0,0024	0,12
Сланцы, Новая Земля (PR <sub>3</sub> )	1	-	-	0,010	1	-	-	0,094	15,07

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Эпигенетическая рудная и нерудная минерализация									
Зоны эпигенетической кальцитизации; в известняках D <sub>1</sub> (Новая Земля)	15	0,002	0,027	0,0059	15	0,040	0,16	0,080	15,12
В известняках D <sub>2</sub> (Каменка)	5	0,011	0,05	0,03	5	0,16	0,4	0,336	17,27
В доломитах S <sub>1</sub> (Северная)	7	0,0027	0,0062	0,0037	7	0,0062	0,0090	0,0071	3,00
Кварц-кальцитовые прожилки с сульфидом — том и сферритом, в C <sub>1</sub> <sup>t</sup> (Пай-Хой)	23	0,0020	0,07	0,0147	23	0,0010	0,1240	0,0432	4,45
Проявления целестин — барит — флюорит — сферрит — сульфидной формации в C <sub>1</sub> — n (без баритовых и целестиновых месторождений)	38	0,0079	4,67	0,263	76	0,02	3,34	0,156	
Новая Земля	3	0,014	0,015	0,0145	1	0,05	0,27	0,16	18,00
Флюоритовая минерализация									
в C <sub>1</sub> — n Новая Земля	1	—	—	0,05	1	—	—	0,18	5,83
в D <sub>1</sub> , губа Раковая	24	0,002	0,04	0,0063	24	0,03	0,15	0,057	14,13
в D <sub>1</sub> , губа Черная	20	0,002	0,014	0,0097	22	0,015	0,5	0,113	18,31
в D <sub>1</sub> , залив Цюльки	7	0,002	0,0041	0,0029	8	0,032	0,15	0,086	46,66
в РК <sub>3</sub> , Амверма	1	—	—	0,040	1	—	—	0,010	0,42
Полиметаллическая минерализация Pb в доломитах S <sub>1</sub> , Новая Земля	2	0,004	0,010	0,007	2	нет	0,005	0,005	1,12
Pb — Zn — в доломитах S <sub>1</sub> , Новая Земля	3	0,0035	0,039	0,00366	3	0,009	0,012	0,010	4,38
Pb — Zn — в доломитах O <sub>2</sub> <sup>t</sup> Вайгач	3	0,0091	0,040	0,0183	3	0,0052	0,140	0,060	5,23
Sb — в кварцевых жилах в O <sub>2</sub> <sup>t</sup> , Вайгач	2	0,0094	0,021	0,0152	2	0,016	0,18	0,098	10,18
Марганцевая минерализация в C <sub>1</sub> на р. Слювяха	4	0,010	0,020	0,015	4	0,0010	0,060	0,020	2,09

ких пределах: от 0,0025 до 0,03% Ba и от 0,005 до 0,05% Sr. Это наводит на мысль о едином источнике магмы. Гра-  
витационно дифференцированные интрузии по сравнению с недиф-  
ференцированными характеризуются несколько повышенным со-  
держанием стронция и пониженным бария; отмечается концент-  
рация бария и стронция в лейкократовых дифференциатах. Такие  
же закономерности наблюдаются и в траппах Сибирской плат-  
формы [1]. Резко повышенным содержанием бария отлича-  
ются небольшие согласные тела диабазов в силурийских и де-  
вонских толщах на крыльях Пайхойского антиклинория (напри-  
мер, левый берег р.Сопча-ю), в то время как габбромонциты  
о-ва Цветного на Новой Земле резко обогащены стронцием.  
Точно так же существенно бариевыми являются тела диабазов,  
залегающие в известняках  $O_1t$  в районе Амдермы, в то вре-  
мя как такие же тела, залегающие в известняках  $PR_3am$ ,  
существенно стронциевые. Причина такого селективного обо-  
гащения неясна, вероятнее всего в одних случаях барий, в  
других стронций заимствуется из вмещающих пород. Кислые  
породы (диориты, кварцевые диориты) отличаются от основных  
пород заметным преобладанием бария над стронцием.

Гидротермальная переработка основных пород приводит к  
увеличению стронций-бариевого отношения.

Влияние магматических пород на распределение стронция и  
бария во вмещающих карбонатных толщах можно проследить на  
примере диабазовых даек, секущих ордовикские известняки в  
зоне вайгачских разломов. В контактовых ореолах становится  
резко неустойчивым содержание этих элементов, причем в об-  
щем содержание бария несколько снижается, содержание строн-  
ция повышается. В самих же диабазовых телах содержание  
бария резко повышается, содержание стронция резко падает.

Говорить на основании имеющихся данных о какой-то пря-  
мой связи баритового или целестинового оруденения с магма-  
тизмом достоверно нельзя хотя бы потому, что баритовая ми-  
нерализация существенно моложе главнейших магматических  
комплексов. В то же время накопление бария и стронция в бо-  
лее поздних относительно низкотемпературных дифференциатах  
базальтоидной магмы центральнопайхойского и костиншарского  
комплексов свидетельствует о возможности обогащения этими  
элементами гидротерм, генерируемых основной магмой. Это  
подтверждает высказывавшееся ранее предположение об учас-  
тии подводных гидротерм в генезисе среднедевонского синге-  
нетического баритоносного горизонта. Кроме того, можно оп-  
ределенно говорить об активном влиянии магматизма на пе-

перераспределение бария и стронция в осадочных породах.

Распределение бария и стронция в осадочных породах явно не зависит от их возраста, хотя нижнекаменноугольные, среднедевонские и средне-нижнеордовикские породы характеризуются несколько повышенным содержанием этих элементов. Известняки содержат несколько больше бария и стронция по сравнению с одновозрастными доломитами; в терригенных породах барий преобладает над стронцием, в карбонатных — наоборот. В общем закономерности концентрации этих элементов в породах Пайхойско-Южновоземельской провинции соответствуют особенностям геохимии стронция, установленным Я.Э.Юдовичем с соавторами [18] для палеозойских толщ Печорского Урала. Важно подчеркнуть, что в палеозойском разрезе провинции имеются многочисленные горизонты с достаточно высоким содержанием бария (около 0,01—0,08%) и стронция (около 0,02—0,06%), чтобы рассматривать их в качестве потенциальных источников этих элементов, которые могут быть ремобилизованы при метаморфизме пород.

Анализ данных о содержании стронция и бария в различных типах эпигенетической рудной и нерудной минерализации показывает три тенденции изменения содержания этих элементов по сравнению с вмещающими породами:

а) содержания бария ниже, а стронция выше, чем во вмещающих породах; такая тенденция характерна для сфалерит-сульванитовых жил в сланцах  $C_1^t$  и пирит-халькопиритовых жил в ордовике Вайгача;

б) содержание бария и стронция выше, чем во вмещающих породах; такая тенденция характерна для проявлений целестин-барит-флюорит-сульванит-сфалеритовой формации и некоторых зон гидротермальной перекристаллизации карбонатных толщ;

в) содержание бария повышается, а стронция снижается; тенденция характерна для флюоритовых месторождений.

Первый случай отражает пассивную роль вмещающих пород в формировании состава рудной минерализации, два вторых позволяют допускать перераспределение стронция и бария, их привнос либо вынос.

Приводившиеся выше данные об особенностях геологического строения эпигенетических баритовых проявлений, в частности Карского баритового месторождения, свидетельствуют, что баритовая минерализация формировалась в линейных тектонических нарушенных зонах путем метасоматического замещения известняков баритом и парагенными ему минералами. Характерной особенностью процесса является довольно высокая темпе-

ратура минералообразующих растворов (около 230–300°C для барита-I и около 220–245°C для барита-II) и, очевидно, высокая концентрация  $Ba^{2+}$  и  $SO_4^{2-}$  в них. На графике Тугаринова-Наумова [9,15], суммирующем температурные интервалы формирования различных гидротермальных месторождений, карские бариты занимают крайнее "высокотемпературное" положение и имеют мало аналогов. В области этих высоких температур резко снижается растворимость барита, как, впрочем, и флюорита, что, несомненно, имеет прямую причинную связь с кристаллизацией барита. Тектоническая активность в процессе формирования месторождения являлась следствием неустойчивости режима минералообразования и температурных скачков, в частности падения температуры в одну из промежуточных стадий до 110–130°C, что отразилось, естественно, в контрастной смене продуктов кристаллизации.

Детали механизма формирования баритовой минерализации не совсем ясны, и главным образом потому, что не изучено глубинное строение месторождения. Из трех возможных схем гидротермального баритообразования, которые детально разбирают Н.Е. Учайев, Ш.Д. Малинин и Н.И. Хитаров [16], схема отдельных источников бария и сульфат-иона с кристаллизацией барита в зонах смешения барий- и сульфатсодержащих растворов может быть сразу же отведена, поскольку в разрезе северопайхойского палеозоя полностью отсутствуют горизонты сульфатолитов, как и другие возможные источники не связанного с барием сульфатного иона. Наиболее вероятным является совместный привнос в зоны формирующихся залежей  $Ba^{2+}$  и  $SO_4^{2-}$  в составе горячих высокоминерализованных растворов с ионной силой не менее 2–3 и последующая кристаллизация  $BaSO_4$  в результате изменения термодинамических и физико-химических условий.

Закономерности размещения, состава и строения проявлений гидротермальной минерализации на Пай-Хое [20,24] указывают на широкое развитие процессов региональной мобилизации вещества при метаморфизме палеозойских осадочных пород в зонах разломов глубокого заложения. Главным источником бария тоже, вероятно, являются палеозойские осадочные породы.

На возможность мобилизации бария из осадочных пород указывают анализ распределения бария и стронция в разрезе палеозоя и весьма широкие пределы вариаций содержания стронция и бария и стронций-бариевого отношения в зонах гидротермальной переработки. Так, средние значения  $St/Ba$  в линейных зонах мраморизации в визейских известняках варьируют

от 0,002 до 13,45, что, несомненно, связано с перераспределением этих элементов. Генезис гидротермальных растворов, которые проводили переработку осадочных пород и явились субстратом минералообразующих (в том числе и баритообразующих) растворов, связан с мощными процессами тектонической активизации региона на рубеже карбон-пермь [24], обусловившими энергичный приток тепла и вещества в тектонически активные зоны.

Состав растворов формировался в процессе их миграции по тектоническим зонам. Судя по минеральным парагенезисам, формирующим гидротермальную минерализацию, кроме Ba и Sr в составе растворов в значительно повышенных количествах содержались Zn, Cu, V, Ge, As, Sb, Sn, Mn, F, S, но определить главный источник каждого элемента (глубинный или относительно приповерхностный) пока невозможно. Очевидно только то, что генетическая природа компонентов гидротермальных минералообразующих растворов гетерогенна, и в их составе существенная роль принадлежит сульфидной сере.

Все эти данные наводят на мысль о миграции бария, как и других металлов, в сульфидной форме в виде  $R(HS)_2$ . Кристаллизация бария в сульфатной форме определяется выведением гидротермальных растворов в окислительную обстановку, сопровождающимся окислением  $S^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$ . Исходя из этого, становится понятной причина интенсивного развития баритового метасоматоза по известнякам — активное воздействие кислых растворов на карбонаты и кристаллизация барита в процессе их нейтрализации.

Сложнее решается вопрос о генезисе мономинеральной целестиновой минерализации, примером которой является проявление в губе Каменка на Новой Земле. В первую очередь возникают трудности в определении источника стронция. В разрезе палеозоя юга Новой Земли неизвестны горизонты сульфатов\*, и скорее всего стронций был мобилизован подземными водами из палеозойских карбонатных пород. Среднее содержание стронция в девонских и силурийских известняках 0,054 и 0,044%, стронций резко превалирует над барием ( $Sr/Ba =$

---

\* Упомянутая выше ангидритовая толща серпуховского возраста характерна для другой структурно-фациальной зоны и распространена на противоположном крыле антиклинория, в 160 км от целестиноносного района.

10,69 и 17,24). То же самое относится и к известнякам карбона. Например, на о-ве Вайгач в покрывающих каменноугольных известняках стронций-бариевое отношение поднимается до 6,17, а на юге Новой Земли — до 10,74 по сравнению с 1,95 для тех же горизонтов на Пай-Хое. Может быть, поэтому эпигенетическая минерализация на Новой Земле целестиновая, на Пай-Хое — целестин-баритовая и существенно баритовая.

Для новоземельских целестинопроявлений из-за отсутствия в разрезе сульфатолитов трудно предположить перенос стронция в хлоридной форме и использовать для объяснения кристаллизации целестина хорошо разработанную модель смешения сульфидных и хлоридных растворов. Скорее всего стронций поступал в раствор в результате растворения рассеянного целестина (потенциальная возможность подземных вод насыщаться стронцием в условиях зоны эпигенеза достигает 3000 мг/л) и мигрировал совместно с сульфатным ионом. Кристаллизация целестина является следствием изменения его растворимости при изменении условий миграции растворов — в первую очередь падения давления при их выходе в трещинные зоны и нейтрализации при взаимодействии с доломитом. Первичноокислая реакция стронцийсодержащих растворов и определила развитие метасоматоза целестина по доломиту. Близкий механизм при — влекает Я.Э. Юдович для объяснения генезиса обогащенных стронцием карбонатных горизонтов на Печорском Урале [18].

Современным аналогом подобного процесса, протекающим, правда, без замещения, является кристаллизация целестина вместе с баритом из рудничных минерализованных вод в деревянных дренажных трубах на свинцово-цинковых месторождениях Верхнего Гарца [25] и других месторождениях.

Таким образом, для всех эпигенетических месторождений барита и целестина наиболее вероятными являются генетические представления, допускающие мобилизацию стронция и бария в процессе регионального эпигенеза и метаморфизма палеозойских осадочных толщ, их миграцию в составе метаморфогенных гидротермальных растворов и концентрацию в благоприятных структурных и термодинамических условиях (в ослабленных зонах под непроницаемыми покрывками, где резко снижаются давления и температура растворов). Важнейшим фактором локализации орудожения является энергичное замещение рудными минералами карбонатных пород.

# ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ПАЙХОЙСКО-ЮЖНОНОВОЗЕМЕЛЬСКОЙ ПРОВИНЦИИ НА БАРИЙ И СТРОНЦИЙ И РЕКОМЕНДАЦИИ К ПОИСКАМ БАРИТОВЫХ И ЦЕЛЕСТИНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Из всех известных в пределах Пайхойско-Южноновоземельской провинции типов баритовой и целестиновой минерализации реальный практический интерес представляют пока только три: а) сингенетические проявления барита в падейской свите среднего девона; б) проявления целестин-барит-сфалерит-сульфанитовой формации; в) проявления собственно целестиновой формации. Районы распространения рудопроявлений этих типов, как и районы с геологическими условиями, благоприятными для их формирования, являются, очевидно, наиболее перспективными на стронций и барий. Мы выделяем три таких района, различающихся характером минерализации и закономерностями ее распространения: Северопайхойский, Западновайгачский, район Карских Ворот, Рогачевский (рис.1).

Северопайхойский район охватывает область выходов силурийски-девонско-каменноугольных отложений на северо-восточном крыле антиклинория и протягивается узкой полосой от среднего течения реки Кары до Карского моря в районе Амдермы. Этот район отличается наиболее широким распространением перспективных рудопроявлений, главным образом барита, в меньшей степени целестина, как сингенетических, так и эпигенетических.

Сингенетический баритоносный горизонт, залегающий в сланцах  $D_{2pd}$  на прослеженном участке в 1,5 км, характеризуется запасами барита до глубины 200 м порядка 300 тыс. Прогнозные запасы с учетом возможности прослеживания этого горизонта далее по крылу антиклинория очень высокие. Содержание барита, однако, довольно низкое, незначительно превышающее минимальное промышленное, и если не будут обнаружены более продуктивные залежи, этот тип минерализации вряд ли представит значительный практический интерес, учитывая наличие на западном склоне Приполярного Урала крупных Пальниковского и других месторождений с седиментогенным баритом.

Наиболее интересным с практической точки зрения является Карское баритовое месторождение, слагающееся из целого ря-

да рудопроявлений, которые, очевидно, представляют собой фрагменты единой крупной залежи. Намечается ряд общих закономерностей строения и размещения баритопроявлений: приуроченность к осадочным карбонатным породам визейского возраста, контроль зонами тектонических нарушений и гидротермальной переработки пород, пластообразная форма залежи, их метасоматическая по карбонатам природа, почти мономинеральный баритовый состав с невысоким содержанием кварца, сульфидов, флюорита, калцита, антраксолита.

Прогнозные запасы Карского баритового месторождения на участке, где залежь непосредственно прослежена по выходам на поверхность на глубину 100 м, по довольно скромным показателям (мощность — 2,5 м, среднее содержание  $BaSO_4$  — 8,5%, объемный вес 4,0, суммарная длина залежей 3000 м) можно оценить в 2 млн. 560 тыс. т. Опираясь этими запасами, необходимо иметь в виду, что вероятная протяженность залежи (или системы залежей) около 15–17 км, и если даже за пределами просчитанного участка среднее содержание барита и мощность залежей снижаются\*, все равно сохраняются возможности увеличения прогнозных запасов в несколько раз. Карские баритовые месторождения по особенностям своего строения и масштабам близки к Южноуральским [5].

По сравнению с известным на Европейском Северо-Востоке, по данным А.В.Колпакова, Пальникским баритовым месторождением Карское месторождение характеризуется более интенсивной концентрацией  $BaSO_4$  при примерно одинаковом масштабе оруденения и более высокой чистотой барита. Барит Карского месторождения в отличие от Пальникского может представить интерес для химической промышленности, так как содержание примесей в нем очень незначительно. В большинстве изученных выходов даже без предварительного обогащения баритовые руды отвечают требованиям товарного барита 1 или 2 сорта по ГОСТ 4882-49 [17].

При исследовании и оценке баритовой минерализации необходимо иметь в виду уже отмечавшуюся выше возможность развития на более глубоких горизонтах сульфидно-баритового и существенно сульфидного оруденения.

Кроме района, непосредственно примыкающего к Карскому

---

\* В районе обн. 8186 мощность баритовой залежи, например, 2,50 м; среднее взвешенное содержание  $BaSO_4$  на эту мощность 53,3%.

баритовому месторождению, высокоперспективной является вся линейная зона гидротермально метасоматической переработки визейских известняков — от Кары до Амдермы. На отдельных участках этой зоны возможно преимущественное развитие одного из членов целестин-барит-флюорит-сфалерит-сульванитового парагенезиса и формирование месторождений этих минералов, в том числе и баритовых, барит-целестиновых или целестиновых, подобных Карскому. Юго-восточная призмковая часть антиклинория и примыкающий к ней участок северо-восточного крыла наиболее перспективны на барий, северная — на стронций.

В Северопайхойском районе необходимо обратить внимание, кроме того, на возможную стронций- и бариеносность девонских и силурийских пород, а также карбонатной амдерминской свиты верхнего протерозоя.

В общем перспективы Северопайхойского района на стронций и барий весьма высокие, и этот район требует первоочередного изучения. Перспективные запасы барита здесь оцениваются примерно в 20-25 млн.т.

Западновайгачский район включает зону развития полиметаллической минерализации на западном побережье Вайгача, на печорском побережье Югорского полуострова и в южной части Новой Земли. Здесь неизвестны самостоятельные целестиновые или баритовые месторождения, но барит постоянно встречается в полиметаллических рудах и представляет интерес как сопутный компонент при комплексной их оценке. Ревизию Западно-вайгачского района в отношении баритовой минерализации целесообразно проводить параллельно с ревизией полиметаллической минерализации.

Район Карских Ворот, охватывающий область развития силурийско-каменноугольных отложений на юго-востоке Новой Земли и северо-востоке Вайгача, характеризуется проявлениями целестиновой минерализации и перспективен в первую очередь на стронций. Продуктивными являются линейные зоны гидротермальной перекристаллизации карбонатных пород, имеющие субмеридиональное простирание.

Раковский район, включающий площади выходов каменноугольных отложений, по особенностям геологического строения и характеру минерализации аналогичен Северопайхойскому. В нем известны как проявления целестиновой, так и баритовой минерализации, приуроченные к горизонтам гидротермально-измененных визейских известняков и кремнисто-сульфидным горизонтам. Перспективы района представляются довольно благо-

приятными, хотя в геологическом и минералогическом отношении он изучен очень поверхностно.

Исходя из известных данных о баритовой и целестиновой минерализации Пайхойско-Южноновоземельской провинции и анализа перспектив ее отдельных регионов можно предложить ряд рекомендаций о направлении и методике поисковых и оценочных работ на стронций и барий.

1. Районом первоочередного изучения должен быть Северопайхойский. На Карском баритовом месторождении необходима постановка разведочных работ, ставящих задачей не только подсчет запасов барита, но и выяснение возможности наличия сульфидного (сфалеритового, сульванитового) оруденения на более глубоких горизонтах. При оценке баритовой минерализации необходимо иметь в виду его высокую чистоту и ориентироваться в первую очередь на использование барита как химического сырья.

2. В этом же районе целесообразно прослеживание, вскрытие горными работами и неглубокими скважинами и комплексное опробование всей зоны гидротермально-метасоматической переработки визейских известняков с целестин-барит-флюорит-сульфидной минерализацией с целью выяснения закономерностей распределения тех или иных минералов этого парагенезиса в пределах зоны и выяснения участков с их промышленными концентрациями.

3. Необходимо прослеживание по простиранию с систематическим опробованием баритоносного горизонта в низах падейской свиты  $D_{2pd}$ , которое не только решит вопрос о возможной промышленной ценности этого типа минерализации, но и позволит существенно уточнить представления о генезисе баритовых и целестиновых проявлений в целом по району, решить проблему первичного источника бария и стронция.

4. В связи с проводящимися сейчас геолого-съемочными работами на Новой Земле целесообразно детально исследовать выходы каменноугольных карбонатных и карбонатно-кремнистых пород в северной преклиналиной части Вайгач-Южноновоземельского антиклинория и оценить известные здесь баритовые и целестиновые проявления, а также провести поиски целестина в районе Карских Ворот.

5. Для уточнения общих перспектив Пайхойско-Южноновоземельской провинции на барий и стронций и выявления новых перспективных типов минерализации рекомендуется в процессе съемочных и специальных работ проводить систематическое опробование палеозойского разреза на эти элементы и анали

зировать особенности перераспределения и концентрации стронция и бария в процессах эпигенетической переработки пород.

6. Для выявления зон баритовой и целестиновой минерализации, как показывает опыт их исследования, эффективными являются: литологическое исследование осадочных толщ, их геохимическое опробование, минералогическая съемка, метод мелкообъемных (0,5-1 кг) искусственных шлихов, шлиховые поиски по вторичным ореолам механического рассеяния.

7. Барий, мобилизующийся из вмещающих пород в процессе развития по ним полиметаллической минерализации, интенсивно выносящийся в верхние части месторождений может формировать своеобразные "баритовые шляпы" над сульфидными залежами. Барит поэтому является индикатором скрытых полиметаллических тел, и с этих позиций необходимо исследовать все баритовые проявления, особенно тщательно анализируя парагенезис барита и состав барита и парагенных ему минералов. Не исключено, что такую же индикаторную роль может играть и целестин.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ баритовой и целестиновой минерализации Пайхойско-Южноновоземельской провинции раскрывает высокие перспективы этого региона на барий и стронций и позволяет наметить рациональные пути решения барий-стронциевой проблемы Европейского Северо-Востока.

Если перспективные проявления целестиновой минерализации известны только в этом регионе, и именно с этой провинции целесообразно начинать поиски стронцийсодержащего сырья, то баритовая минерализация характерна и для севера Урала, куда сейчас обращается основное внимание в оценке перспектив баритоносности. Действительно, Полярный Урал, особенно полоса выходов девона на его западном склоне с баритоносной пагинской свитой ( $D_{3p}$ ), является очень интересным районом. Известные здесь Хойленское и Пальникское баритовые месторождения с весьма крупными прогнозными запасами могут стать реальной основой для развития баритдобывающей промышленности. Однако этот район более перспективен для решения проблемы технического барита, поскольку осадочные руды значительно загрязнены примесями и нуждаются в обогащении даже для получения технического концентрата. Баритовые проявления Пайхойско-Южноновоземельской провинции, в частности Карское месторождение, содержит существенно более чистый барит, требующий незначительной технологической переработки или вообще не нуждающийся в ней. На базе месторождений этой провинции может решаться проблема высококачественного барита как сырья для химической промышленности. Таким образом, уральские осадочные месторождения целесообразно рассматривать как базу технического барита, пайхойские гидро-термальные — как базу химического барита.

Проведенный анализ проблемы бария и стронция еще раз подчеркивает весьма серьезное экономическое значение Пайхойско-Новоземельской провинции как потенциального комплексного горно-рудного региона и указывает на необходимость его энергичного изучения и освоения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Альмухамедов А.И., Нестеренко Г.В. Стронций и барий в процессах фракционирования базальтовой магмы. — В кн.: Стронций и барий в эндогенных образованиях. М., "Наука", 1973, с. 5—20.
2. Андрееенко В.С. Минералогическая характеристика барита и его парагенезис на месторождении Жайрем (Центральный Казахстан). М., Изд. МГУ, 1975. 25 с.
3. Бурков В.В., Подпорина Е.К. Стронций. М., Изд-во АН СССР, 1962. 180 с.
4. Иванова В.П. Термограммы минералов. — "Зап. Всесоюз. минерал. о-ва", 1961, т. 90, вып. 1, с. 50—90.
5. Казаков Р.С. Месторождения барита в верхнепротерозойских осадочных толщах западного склона Южного Урала и закономерности их размещения. Казань, Изд. Казанского гос. университета, 1975. 23 с.
6. Каржаув Т.К. О характере и значении метасоматических замещений в образовании вторичных залежей целестина. — "Изв. АН Узб. ССР", 1955, № 6, с. 12—18.
7. Колтун В.И., Роскош Я.Т., Сеньковский Ю.М., Ясинська А.А. Литогенез серчаних родовищ Прикарпаття. Киев, "Наукова думка", 1972. 158 с.
8. Костов И. Минералогия. М., "Мир", 1971. 584 с.
9. Наумов Г.Б., Ходаковский И.Л. Термодинамический анализ факторов образования минералов гидротермальных месторождений. — В кн.: Междунар. геожим. конгресс. Т. 2. Гидротермальные процессы, М., 1973, с. 20—32.
10. Новохатский И.П., Сагунов В.Г. Баритовые месторождения Казахстана. — В кн.: Геология и ресурсы агрохим. сырья Казахстана. Алма-Ата, Изд. "Наука" Каз. ССР, 1965, с. 68—82.
11. Роскош Я.Т. О целестине серных месторождений Предкарпаття. — В кн.: Геология месторождений самородной серы. М., "Недра", 1969, с. 167—170.

12. Скиба Н.С. Геохимия стронция и бария. Фрунзе, "Илим", 1970, 220 с.

13. Складнева В.М. Минералогия баритовых конкреций из эйфельских сланцев Пай-Хоя. — В кн.: Геология и полезные ископаемые Северо-Востока европ. части СССР (Ежегодник-1973). Сыктывкар, 1974, с. 136-139. (АН СССР. Коми филиал. Ин-т геологии).

14. Тихомирова В.Д. Твердые битумы гидротермально измененных пород острова Вайгач. — В кн.: Геология и полезные ископаемые Северо-Востока европ. части СССР. (Ежегодник - 1973), Сыктывкар, 1974, с. 140-143. (АН СССР. Коми филиал. Ин-т геологии).

15. Тугаринов А.И., Наумов В.Б. Физико-химические параметры гидротермального минералообразования. — В кн.: Междунар. геохим. конгресс. Т. 2. Гидротермальные процессы. М., 1973, с. 7-19.

16. Учамейшвили Н.Е., Малинин С.Д., Хитаров Н.И. Физико-химические основы формирования гидротермального барита и некоторых типичных ассоциаций, включающих барит. — В кн.: Междунар. геохим. конгресс. Т. 2. Гидротермальные процессы, М., 1973, с. 281-291.

17. Чернозитов Ю.Л. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Выпуск 11. Барит и витерит. М., Геогелтехиздат, 1963.

18. Юдович Я.Э., Майдль Т.В., Иванова Т.И., Хорошилова Л.А. Геохимия стронция в карбонатных отложениях. Сыктывкар. Институт геологии Коми филиала АН СССР, 1977. Депонент ВИНТИ

19. Юшкин Н.П. Минералогия и парагенезис самородной серы в экзогенных месторождениях. Л., "Наука", 1968. 187 с.

20. Юшкин Н.П. Основные черты эндогенной металлогении Пайхойского антиклинария. — В кн.: Магматизм, метаморфизм и металлогения севера Урала и Пай-Хоя (Тезисы к совещанию 30 мая - 3 июня 1972 г.). Сыктывкар, 1972, с. 80-81.

21. Юшкин Н.П., Складнева В.М. Целестин Новой Земли — В кн.: Геология и полезные ископаемые Северо-Востока европ. части СССР (Ежегодник - 1974). Сыктывкар, 1975, с. 106-112.

22. Юшкин Н.П., Складнева В.М., Боболович Г.Н. Минералогия и генетические особенности гидротермальных баритовых месторождений Пай-Хоя. — В кн.: Региональная минералогия и генезис минералов ("Труды Ин-та геологии Коми филиала АН СССР", вып. 21), 1975, с. 71-88.

23. Юшкин Н.П., Тимонин Н.И., Фишман М.В., Рудные формации и проблемы металлогении Вайгач-Южноновоземельского антиклинория. Сыктывкар, Изд. Коми филиала АН СССР, 1975, 48 с.

24. Юшкин Н.П., Осташенко Б.А., Кунц А.Ф., Тихомирова В.Д., Боболович Г.Н. Рудные формации Пайхойского и Вайгач-Новоземельского антиклинориев. Т. 1, П. Сыктывкар, 1974. Научный отчет. Фонды Коми филиала АН СССР.

25. F r i t s c h e M. Rezenten Barytansatz in einem Herzer. - Bergwerkerohr Aufschluss, 1973, Bd. 24, No 7-8.

26. G u n d t a c h H., D. S t o r p e l, G. S t r u b e l. Zur Hydrothermalen Löslichkeit von Baryt. - "Neues Jahrb. Mineral.". 1972, Abh 166, N 3, S. 462-471.

27. H i t o s h i S. Geochem. Journal, v. 5, N 2, 1971.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение . . . . .	3
Краткий обзор баритовой и целестиновой минерализации	5
Северопайхойские осадочные проявления барита . . . . .	9
Карское баритовое месторождение . . . . .	12
Целестиновые проявления Карских Ворот (Новая Земля)	23
Вопросы генезиса целестиновой и баритовой минерализации . . . . .	29
Прогнозная оценка Пайхойско-Южноновоземельской провинции на стронций и барий и рекомендации к поискам баритовых и целестиновых месторождений . . . . .	38
Заключение . . . . .	43
Литература . . . . .	44