

## БАРИТОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ОСАДКАХ ОКРАИННЫХ МОРЕЙ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

*Н.В.Астахова*

*Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, г.Владивосток*

В статье обобщены данные о баритовой минерализации в осадках окраинных морей западной части Тихого океана. Находки баритовых новообразований были сделаны в 12 районах, начиная от Берингова моря на севере и кончая морем Лау на юге. Все они приурочены к тектонически-активным участкам морского дна. Все бариты, за исключением конкреций в Японском море, имеют кристаллическое строение, часто образуют пористые агрегаты и имеют близкий изотопный состав. Это указывает на образование их при взаимодействии сульфата морской воды и Ва-несущих гидротермальных растворов, изливающихся на поверхность дна. Образование барита в Японском море, вероятно, связано с растеканием гидротермы в толще осадка, где при взаимодействии с сульфатом иловых вод происходил постепенный рост баритовых конкреций. Делается вывод, что находки относительно крупных скоплений аутигенного барита на морском дне указывает на гидротермальную деятельность в этом районе. Учитывая частую ассоциацию барита с сульфидами, а также широкое развитие на Японских островах барит-полиметаллических месторождений типа Куроко, приуроченных к морским отложениям, можно выделять районы развития баритовой минерализации как районы благоприятные для образования полиметаллического оруднения на поверхности морского дна или в толще осадка в окраинных морях западной части Тихого океана.

Находки крупных скоплений барита в осадках Мирового океана до последнего времени были весьма редки. Широко известны были лишь относительно крупные концентрации баритовых конкреций в осадках Калифорнийского шельфа и в районах островов Кей (Австралия) в Тихом и около о.Цейлон в Индийском океанах. Единичные же кристаллы аутигенного барита довольно часто встречаются в осадках Мирового океана. Обычно размер их не превышает миллиметра. Происхождение такого барита исследователи связывают с вулканическими или биогенными процессами, или сочетанием их [12]. В последнее десятилетие благодаря исследованиям морского дна с помощью подводных аппаратов в литературе довольно часто стали появляться сведения об отложениях барита в зонах разгрузки термальных вод в тектонически-активных районах морского дна. Крупные скопления барита выявлены в районах срединно-океанических хребтов: ВТП и Хуан-де-Фука; в межконтинентальных рифтовых зонах: Красном море и в Калифорнийском заливе. Но наиболее интенсивное его образование наблюдается в задуговых бассейнах. В связи с этим, почти повсеместно в окраинных морях западной части Тихого океана, начиная от Берингова моря на севере и кончая морем Лау на юге, отмечается образование аутигенного барита на морском дне.

В Беринговом море с помощью подводного аппарата "Мир" были обнаружены и исследованы гидротермальные постройки на вершине подводного вулкана Пийпа [7] (табл.1). Этот вулкан имеет две вершины: Северную и Южную, которые оконтуриваются изобатами 400 и 450 м соответственно. Вершины разделены седловиной с максимальными глубинами, достигающими 820 м. На Северной

вершине гидротермальные постройки встречаются в виде крупных ангидритовых труб высотой до 1,5 м и диаметром около 40 см. Глубина разгрузки гидротерм - 382 м. Фрагмент обрушившейся трубы имеет баритовые включения размером до 2 см, в которых наблюдалось концентрирование пирита с содержанием серебра до 6% [8]. Южная вершина рассечена серией открытых трещин субмеридионального простирания. Вдоль этой системы трещин происходит активное излияние флюида. В центральной части обнаружен холм, высотой до 10 м, сложенный кальцитом и баритом (табл.2) с незначительной примесью кварца и гипса. Корочки пирита, обнаруженные внутри подводных каналов, обогащены мышьяком, сурьмой и ртутью.

В Охотском море кристаллы барита и их сростки обнаружены совместно с пиритом в пробе, отобранной в районе гидротермального источника в бухте Кратерной (кальдера вулкана Ушишир). Крупные же скопления барита приурочены к вершинам невысоких холмов в северо-восточной части впадины Дерюгина (табл.1). Здесь при драгировании были подняты десятки килограммов травертиноподобного барита [1,2]. При изучении материалов драгирования выявлено несколько типов баритовой минерализации: мономинеральные травертиноподобные образования (96,5%  $BaSO_4$ ) (табл.2,3); баритово-кремнистые корки (80,0  $BaSO_4$ ); баритовый цемент в полимиктовых песчаниках и конгломератах (до 58,9%  $BaSO_4$ ); "трубчатые" тела барита, пронизывающие вмещающий осадок и "пропитка" баритом отдельных участков этого осадка (26,8-24,1%  $BaSO_4$ ). Фоновое содержание бария в северной части впадины Дерюгина 0,05-0,09%. Обломки мономинерального травертиноподобного барита представляют собой некрепкие, легко

Таблица 1

## Барит в окраинных морях западной части Тихого океана

№ п/п	районы	глубина моря, м	формы выделения	активн. настоящ. время	Минеральные ассоциации
1	Вулкан Пийпа, Берингово море	447	холм, трубы	+	Анг, гипс, К, Кр, С
2	Впад. Дерюгина, Охотское море	1470	холмы?	?	К, Кр, С, гидр. Fe, Mn
3	хр. Окусири, Японское море	1200	конкреции	-	С, гидротетит
4	возвышенность Садо	150	конкреции	-	К
5	возвышенность Ямато Восточно-Китайское море	1200	конкреции	-	гид. Mn
6	трог Окинава, Филиппинское море	1400	холмы	+	Анг, К, Кр, С, гидр. Mn
7	вулкан Маоджиншо	330	?	?	С
8	рифт Сумису	1530	трубы	-	Кр, гидр. Fe, Mn
9	Марьянский трог	3600	холмы, трубы	+	Анг, С
10	море Вудларк, Океания	2160	холмы, трубы	-	Кр, С, гидр. Fe, Mn
11	море Лау, центральная часть	1800	трубы	+	Кр, С, гидр. Mn
12	море Лау, северная часть	2000	холмы, трубы	-	Кр, С, гидр. Fe, Mn

Примечание: Анг-ангидрит, К-кальцит, Кр-аморфный кремнезем, С-сульфиды, гидр. Fe, Mn-гидроокислы Fe и Mn

Таблица 2

## Химический состав баритовых образований (в%) северо-западной части Тихого океана

элементы	районы				
	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	1.30	0.10	5.50	-	0.36
TiO <sub>2</sub>	н.о	0.01	0.05	-	0.38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.74	0.62	1.82	-	1.27
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.40	0.28	0.67	1.17	1.57
MnO	0.03	0.07	0.14	0.03	0.44
MgO	0.88	0.40	1.05	-	1.99
CaO	0.30	1.39	1.50	0.06	1.72
Na <sub>2</sub> O	0.58	0.05	0.14	-	0.08
K <sub>2</sub> O	0.03	0.05	0.25	-	0.35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	н.о	0.01	0.15	-	0.09
HO <sub>2</sub>	0.50	-	-	-	-
BaO	61.14	62.27	55.21	55.75	58.00
CO <sub>2</sub>	8.50	-	-	-	-
п.п.п.	-	1.04	1.48	-	0.96
SO <sub>3</sub>	23.40	34.27	29.72	29.15	31.51
F	0.19	-	-	-	-
Cl	0.22	-	-	-	-
Sr	1.77	2	1	-	1
сумма	99.73	100.5	91.31	86.16	97.71
источник	[7]			[18]	

Примечание: анализы барита из районов 2,3,5 выполнены в ТОИ ДВО РАН, аналитик И.Н.Якушева; н.о. - не определено, "-" - не определялись.

Таблица 3

Химический состав и содержание микроэлементов в баритовых образованиях из окраинных морей западной части Тихого океана

элементы	районы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11
%										
SiO <sub>2</sub>	1.30	0.10	0.24	-	0.36	19.36	-	-	1.50	1.26
Ba	55.03	56.04	48.36	43.29	52.20	8.65	44.00	0.28	53.40	24.35
S	9.36	13.71	12.48	11.48	12.60	-	-	-	-	24.66
10 <sup>-4</sup> %										
Fe	1400	980	14350	2100	5495	48100	7400	66100	9200	5000
Cu	-	50	50	-	10	200	200	110	260	12500
Zn	-	300	60	-	30	30900	33500	184	7550	377700
Pb	-	-	60	186	10	105000	15200	205	5080	2300
Mn	231	-	847	154	3388	2900	141	184	120	<30
Co	-	90	20	-	3	-	3	-	-	<5
Ni	-	150	30	-	10	-	5	-	-	20
As	-	-	1000	-	-	93100	496	68	-	2510
Sr	17400	20000	200	4760	1000	2100	-	-	2980	2310
Cd	-	-	-	-	-	100	98	-	14	1268
Ag	-	-	0.3	-	-	6400	98	<5	-	180
источник	[7]			[18]		[14]	[15]	[21]	[5]	[13]

Примечание: нумерация районов приведена в табл.1. Микроэлементы в баритах из районов 2,3,5 определялись полуколичественным атомно-абсорбционным методом в институте Химии ДВО РАН; "-" - элемент не определялся.

крошащиеся образования белого, слегка желтоватого и серого цветов с пористой текстурой. Отдельные участки имеют скорлуповато-концентрическое строение. Концентраты образованы очень тонкими закругляющимися пластинками, сложенными сросшимися кристаллами барита. На стенки пор и на пластинки выросли многочисленные кристаллы и друзы дендровидной формы. Размер кристаллов 0.03-0.3 мм, сростков - до 1 мм. "Трубчатые" тела образованы кристаллическим баритом и имеют извилистую, ветвистую форму. Диаметр их достигает 3 см при длине полученных образцов - 10 см. Граница их с вмещающим осадком отчетливая. Стенки этих тел сложены тесно сросшимися кристаллами барита, а центральная часть представляет собой ажурное переплетение лучистых, дендровидных, веерообразных кристаллов. Помимо этого, барит образует в осадке многочисленные жеоды, прожилки, а также интенсивно замещает органические остатки. Согласно данным термической декрепитации, образование барита происходило при температурах от 45 до 180°C. С баритовой минерализацией тесно связана карбонатная и сульфидная, которая выявляется под бинокуляром в виде темносерых прожилков или пятен, образованных скоплением кубических кристаллов пирита.

В Японском море единичные кристаллы аутигенного барита встречаются довольно часто в отложениях неогенового возраста, поднятых со склонов подводных вулканов. Кроме этого, при драгировании морского дна были подняты осадки с большим коли-

чеством баритовых конкреций. Первая находка этих конкреций была сделана японскими учеными на возвышенности Садо [18,19]. Позже были описаны конкреции возвышенности Северное Ямато [4] и хребта Окусири [3] (табл.1). Все находки баритовых конкреций приурочены к отложениям миоценового возраста.

Конкреции хребта Окусири имеют шаровидную и овальную формы. По внутреннему строению разделяются на два типа. Одни из них имеют зональное строение и образованы пелитоморфным баритом с примесью диатомей и радиолярий. Содержание BaSO<sub>4</sub> в них достигает 85.5% в центральной части и 80.4% - в краевой (табл.2). Другие конкреции имеют необычное внутреннее строение. Внешнюю часть их составляет слой серого пелитоморфного барита толщиной от 2 до 6 мм в раздувах. В центральной части конкреции находится черный прожилок, толщиной 1-5 мм (плоскость, секущая конкрецию по длине). Пространство между коркой и прожилком заполнено диатомовым илом поздне-миоценового возраста. Содержание BaSO<sub>4</sub> в краевом слое 77.5%, в черном прожилке 84.9%. Прожилок характеризуется также повышенным содержанием Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (4.1%) и мышьяка (0.1%) (табл.3). Рудная минерализация представлена гидрогетитом и пиритом.

Конкреции возвышенности Садо встречаются на многочисленных банках между полуостровом Ога и о.Садо. Форма конкреций разнообразная: шаровидная, овальная, лепешковидная, неправильная. Они

имеют однородное, зональное и кристаллическое строение. Внутри конкреций иногда встречаются кальцитотыпные прожилки. Конкреции образованы мелкокристаллическим баритом с примесью радиолярий, диатомей и терригенных минералов. Содержание  $BaSO_4$  в конкрециях изменяется от 62.7% до 84.8% (табл.2,3).

Конкреции возвышенности Северное Ямато имеют шаровидные, вытянутые, гантелеобразные, лепешковидные и неправильные формы и кристаллическое строение. Содержание  $BaSO_4$  в валовой пробе составляет 89.51% (табл.2,3), варьируя от 98% в центральной части до 74% - в краевой. Это связано с увеличением доли терригенного материала и биогенных остатков (диатомей, радиолярий) от центра к периферии конкреции.

В Восточно-Китайском море аутигенная баритовая минерализация выявлена в районе трога Окинава (табл.1). В средней части трога японскими учеными обнаружено два активных гидротермальных поля: Клем и Джейн [14,20]. Поле Клем расположено в узкой зоне на глубине около 1400 м. Флюиды с температурой около 220°C разгружаются через трещины и разломы в коре. Здесь преобладают аморфные кремнисто-марганцево-кальцитовые или ангидритокальцитовые образования. Поле Джейн формируется на глубине 1340-1450 м на северо-западном склоне 5 км тектонической депрессии. Оно покрыто многочисленными рудными телами и холмами сульфидно-сульфатного состава. При драгировании были подняты обломки массивных сульфидных образований, которые осаждаются в районах гидротермальных выходов. Внешний слой (0-2 см) образован баритом, реальгаром, аурипигментом, аморфным кремнеземом, сфалеритом, галенитом, пиритом и покрыт тонким, до 1 мм, слоем железомарганцевых гидроокислов (табл.3). Внутренний слой (4-6 см) состоит, в основном, из сфалерита, галенита и пирита, с примесью халькопирита. Содержание нерудных минералов незначительно. По результатам изучения газово-жидких включений в барите из внешнего слоя, японские исследователи считают, что он образован при температуре около 160°C при смешении гидротермальных растворов с морской водой [14].

В Филиппинском море баритовая минерализация выявлена в трех районах: в кальдере подводного вулкана Миоджиншо (Myojinsho) на хребте Шихито-Иводжима (Shichito-Iwojima) (дуга Идзу-Огасавара); в районе рифта Сумису (Идзу-Бонинская дуга) и Марианского трога [15,17,21] (табл.1).

Образцы барита с большим содержанием сульфидов были подняты при драгировании склонов центрального конуса кальдеры вулкана Миоджиншо [15]. Размеры кальдеры 5х6 км, максимальная глубина 1114 м. Высота конуса 330 м ниже уровня моря. По

материалам драгирования выделено три главные стадии сульфидной минерализации: пиритизация зеленых туфов вокруг западного склона центрального конуса и западной стены кальдеры; кварцевосульфидные прожилки в этих туфах и массивная барит-сульфидная минерализация. Последняя является наиболее поздней и приурочена к деловию центрального конуса. Поднятые образцы имеют серовато-коричневый и серовато-белый цвет, в основном слоистую структуру и пористую текстуру. Они образованы мелкими призматическими, таблитчатыми или сноповидными кристаллами барита. В пустотах размеры кристаллов увеличиваются до 5 мм. Поверхность слоев обогащена большим количеством мелких зерен сульфидов, которые также рассеяны среди более крупных кристаллов барита. Образцы имеют следующий минеральный состав: барит (2-58%), сфалерит (30-58%), галенит (5-31%), халькопирит (3-7%), пирит (2-4%), теннантит (<1%) и в меньших количествах тетраэдрит, борнит и ковеллин (табл.3). Образцы обогащены золотом и серебром. По своему составу они подобны баритонесущим черным рудам Куроко.

В рифте Сумису баритосодержащие кремнистые трубообразные тела и корки были найдены во время погружения подводного аппарата "ALVIN" [21] (табл.1). Несколько десятков гидротермальных трубок барит-силикатного состава было обнаружено на склоне подводного вулкана на глубине от 1600 до 1530 м. Близко расположенные трубки имеют размеры 2-5 м в высоту, 1-2 м в ширину и 5-10 м в длину. Внешне они похожи на губки или ячейки сот, пористые или легко крошатся. Состоят из аморфного кремнезема с подчиненным количеством барита и гидроокислов железа (табл.3). Вокруг поля не обнаружено температурных аномалий, что указывает на то, что гидротермальная деятельность в настоящее время прекратилась. Баритовые корки покрывают поверхность в седловинах пиллоу-лавы. Поднятый образец практически полностью сложен агрегатами пластинчатых кристаллов барита с незначительным количеством аморфного кремнезема. Принимаемая во внимание минералогические ассоциации и изотопные характеристики кислорода, авторы считают, что температура образования барита была ниже 150 град. Высказывается предположение, что баритосодержание кремнистые отложения рифта Сумису являются современными аналогами кремнистых залежей Куроко.

В Марианском троге исследования также проводились с помощью подводного аппарата [17]. Здесь, в зоне спрединга на глубине 3600-3700 м было обнаружено поле, состоящее из активных и неактивных гидротермальных трубок. Поднятые образцы имели высоту до 45 см и диаметр основания - 20 см. Из труб выходили флюиды с температурой 238-287°C. Трубки сложены кристаллическим баритом с примесью ангидрита и сульфидов. Размеры

кристаллов варьируют от 0.1 до 5 мм в поперечнике. Более крупные кристаллы ассоциируют с открытыми пустотами. Обычно кристаллы образуют лучистые или перистые агрегаты. Кристаллы барита содержат червеобразные сульфидные включения чистого сфалерита, а также халькопирита и галенита. Отмечается незначительное количество пирита. Наиболее обогащены сульфидами внутренние части трубок. Исследователи считают, что образование сульфидов и барита происходило одновременно. Источником бария, по их мнению, являются свежие излившиеся базальтовые лавы.

В юго-западной части Тихого океана крупные скопления аутигенного барита встречаются в западной части моря Вудларк (Папуа-Новая Гвинея) и в море Лау (Новая Зеландия) [5,6,13] (табл. 1).

В море Вудларк с помощью подводных обитаемых аппаратов "Мир" в кальдере вулкана Франклин были обнаружены низкотемпературные источники и связанные с ними гидротермальные отложения [5]. Вершина вулкана находится на глубине 2160 м. В центре вершины имеется кальдера глубиной около 60 м и размером в поперечнике от 150 до 400 м. Основные находки гидротермальных отложений были приурочены к этой кальдере. По периферии гидротермального поля наблюдаются, в основном, ярко-оранжевые тонкодисперсные отложения, представленные рентгено-аморфными гидроокислами железа, часто с примесью гидроокислов марганца, опала и нонтронита. В центре кальдеры (в центре гидротермального поля) встречаются конические постройки. Высота их достигает 1,5-2 м, диаметр основания - 2 м. Постройки не активны. Исследователями было опробовано два типа баритовых построек. Образец из первой постройки представляет собой фрагмент трубы, имеющей центральное отверстие - осевой канал (2 см в поперечнике), по которому поднимался флюид и множество мелких каналов с диаметрами от нескольких мм до 1 см. Он образован, в основном, мелкозернистыми агрегатами барита (табл.3). Стенки подводящих каналов инкрустированы более крупными (до 2 мм) таблитчатыми кристаллами барита. В кристаллах барита, а также в интерстициях между отдельными зернами обнаружены кристаллы сульфидов: сфалерита, пирита и галенита. Содержание рудных минералов в породе не превышает 1%. Изученный образец другой баритовой постройки характеризуется более высоким (до 43%) содержанием аморфного кремнезема (опала) и более низким - рудных минералов. Опал является более поздним по отношению к бариту. Исследователи выделяют следующую последовательность минералообразования: баритовые ассоциации - нонтронитовые ассоциации - ассоциации аморфных гидроокислов железа - ассоциации окисных минералов марганца. Они считают, что все гидротермальные образцы были

сформированы из единого эволюционирующего рудоносного флюида [5].

В бассейне Лау проявления баритовой минерализации выявлены, по крайней мере, в двух районах: в центральном и северном [6,13]. В Центральной части бассейна Лау баритовые образования обнаружены во многих местах среди вершин и склонов северного хребта Валу Фа (Valu Fa) на глубине 1960-1800 м [13]. Наиболее крупное поле, диаметром несколько сот метров и 20 м высотой, не активно. Оно состоит из баритовых труб высотой до 15 м и массивных баритово-сульфидных образований. Вероятно, их образование связано с разломом на восточном склоне хребта. Вдоль разлома также были обнаружены сотни маленьких, до 50 см, марганцевых труб. Это также указывает на тектонический контроль гидротермальной разгрузки. Высокотемпературные активные черные (320-400°C) и белые курильщики (250-320°C) были обнаружены также на центральном хребте Валу Фа на глубине 1700 м. Размеры активной зоны 400 на 100 м. Она контролируется разломом, параллельным хребту. Здесь же встречаются гидротермальные марганцевые корки. Исследователями были обследованы и опробованы активные курильщики (высотой до 17 м) и осыпь разрушенных медных, цинковых и бириговых труб (табл.3). Во всех районах с баритом ассоциировали сфалерит, пирит, халькопирит и аморфный кремнезем.

Гидротермальное поле в северной части бассейна Лау было детально исследовано в 1990 году с помощью глубоководного обитаемого аппарата "Мир" [6]. Это поле располагается в области активного спредингового центра на глубине примерно 2000 м. В настоящее время поле не активно. На его периферии выявлены небольшие конические постройки, сложенные смесью низкотемпературных нонтронита, бернессита и аморфных гидроокислов железа. Ширина этой области около 100 м. В центральной части поля обнаружена главная гидротермальная башня, относительно высокотемпературная. Нижняя часть ее (цоколь) имеет в плане форму вытянутого с севера на юг эллипса. Длина его около 100 м, ширина - 30-50 м. Высота цоколя - 20 м. На верхней выровненной площадке имеется несколько конических построек. Высота большинства из них не превышает 1,5-2 м, самая высокая - 10 м. На поверхности этой постройки - многочисленные трубы, каждая из которых являлась каналом для разгружающихся рудоносных растворов. Образцы, отобранные из цоколя, имеют халькопирит-сфалеритовый и барит-сульфидный составы. Первый образец представляет собой фрагмент плиты, формирующей цоколь. Второй - характеризует внутреннее строение плитчатых цокольных отложений.

Самая поверхность часть плиты сложена марказитом (57%), баритом (32%) и сфалеритом (около 7%). С глубиной увеличивается содержание

сфалерита (до 50-57%), а марказита и барита уменьшается (соответственно до 15-26 и 6-11%). Появляется также пирит (3-6%) и халькопирит (6-12%). Конические постройки на цоколе имеют концентрически-зональные текстуры и являются фрагментами труб с рудопроводящими каналами внутри. Образованы они, в основном, халькопиритом с примесью борнита и ковеллина и сфалеритом. Во внешней зоне увеличивается содержание нерудных минералов, представленных баритом, самородной серой и опалом.

Дополнительные данные были получены при изучении изотопного состава серы и кислорода барита (табл.4). По изотопному составу серы (+19.5‰ - +23.6‰) барит близок сульфату морской воды (+20.0‰). Поэтому можно говорить о том, что образование барита произошло при смешивании Ва-несущих гидротермальных растворов с придонной водой.

Изотопно-тяжелая сера баритов низкотемпературных источников вулкана Пийпа (+27.5-+39.0‰) указывает на контроль изотопных составов серы процессами сульфатредукции сульфата морской воды при участии углеводородных газов и, вероятно, органического вещества осадков [9]. Аномально высокие значения  $\delta^{34}\text{S}$  (до +86.7‰) имеет конкреционный барит из Японского моря [10, 18]. Такой изотопный состав серы баритовых конкреций соответствует процессу их обогащения "тяжелыми" изотопами вследствие бактериальной редукции первоначально морского сульфата [10, 19]. Реально предположить, что источником сульфата в этом случае являются иловые воды, для которых характерна интенсивная сульфатредукция.

По изотопному составу кислорода изученные бариты разделяются на две группы. В Филиппинском море значения  $\delta^{18}\text{O}$  варьируют от +6.8 до +10.3‰. Это указывает на то, что в состав рудоносных растворов входили первично-магматические воды ( $\delta^{18}\text{O}$  +5.5 - +10.0‰) [11]. Изотопный состав кислорода (+24.0 - +29.4‰) баритовых конкреций Японского моря позволяет предположить, что образование их происходило при участии метаморфических (+5 - +25‰) [11] или иловых вод [10, 19].

Принимая во внимание, что все выявленные участки распространения баритовых конкреций тяготеют к зонам глубинных разломов, можно говорить, что источником бария являются гидротермальные растворы, поступающие по этим разломам. Но, в отличие от других районов, где гидротермы изливались на поверхность дна, в данном случае растворы растекались лишь в толще осадка. В результате реакций барийсодержащих растворов и сульфата иловых вод шло постепенное образование баритовых конкреций. Учитывая, что находки конкреций приурочены к отложениям миоценового возраста, можно лишь сказать, что эта гидротермальная деятельность в данных районах проявилась не ранее миоцена.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в окраинных морях западной части Тихого океана уже выявлено 12 районов баритообразования. Часть из них были обнаружены при драгировании морского дна, другие - при помощи подводных обитаемых аппаратов. Все находки баритовых проявлений приурочены к тектонически активным зонам: к зонам разломов или к кальдерам вулканов - и, вероятнее всего, связаны с островодужным магматизмом. Учитывая, что в районах активной гидротермальной деятельности в настоящее время происходит излияние низкотемпературных Ва-несущих гидротермальных растворов на морское дно, и что все изученные бариты, за исключением конкреций в Японском море, имеют кристаллическое строение, часто образуют похожие пористые агрегаты и, кроме того, имеют близкий изотопный состав серы и кислорода, а также очень низкие фоновые содержания бария в осадках Мирового океана, можно говорить о том, что находки относительно крупных скоплений аутигенного барита на морском дне указывают на гидротермальную деятельность в этом районе. Принимая во внимание то, что барит в изученных районах очень часто ассоциирует с сульфидными минералами, и широкое распространение на Японских островах барит-полиметаллических месторождений типа Куроко, приуроченных к морским

Таблица 4

Изотопный состав серы и кислорода баритовых образований (в ‰)

район	$\delta^{34}\text{S}$	$\delta^{18}\text{O}$	источник
Берингово море, вулкан Пийпа	27.5 - 39.0		[9]
Охотское море, впадина Дерюгина	20.0		
Японское море, возвышенность Садо	71.6 - 82.6	26.0 - 28.0	[17]
возвышенность Ямато	47.5 - 86.7	24.0 - 29.4	[10]
Филиппинское море, вулкан Маоджинто	21.9 - 23.6		[15]
рифт Сумису	21.7 - 22.3	8.8 - 10.3	[21]
Марианский трог	20.2 - 22.0	6.8 - 9.1	[16]

Примечание: изотопный анализ серы барита впадины Дерюгина выполнен В.И.Устиновым, ГЕОХИ, Москва.

отложениям, можно выделять районы развития баритовой минерализации как благоприятные для образования полиметаллического оруденения на поверхности морского дна или в толще осадка в окраинных моря западной части Тихого океана.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Астахова Н.В., Липкина М.И., Мельниченко Ю.И. Гидротермальная баритовая минерализация во впадине Дерюгина, Охотского моря // Докл. АН СССР. 1987. Т.295, N 1. С.212-215.
2. Астахова Н.В., Нарнов Г.А., Якушева И.Н. Карбонатно-баритовая минерализация во впадине Дерюгина (Охотское море)//Тихоокеан.геология. 1990. N3. С.37-42.
3. Астахова Н.В., Ожогина Е.Г., Цой И.Б. Баритовые конкреции северной части Японского моря//Тихоокеан. геология. 1990. N 4. С.16-21.
4. Липкина М.И., Цой И.Б. Конкреции барита с подводной возвышенности Ямато в Японском море // Докл. АН СССР. 1980. Т.254, N 4. С.1002-1005.
5. Лисицин А.П., Бинис Р.А., Богданов Ю.А. и др. Современная гидротермальная активность подводной горы Франклин в западной части моря Вудларк (Папуа-Новая Гвинея) // Изв. АН СССР. Сер.геол. 1991. N 8. С.125-140.
6. Лисицин А.П., Малахов О.П., Богданов Ю.А. и др. Гидротермальные образования северной части бассейна Лау (Тихий океан) // Изв. АН сер. геол. 1992. N 4. С.5-24.
7. Сагалевич А.М., Торохов П.В., Матвиенко В.И. и др. Гидротермальные проявления подводного вулкана Пийпа (Берингово моря) // Изв7 АН СССР Сер. геол. 1992. N 9. С.104-114.
8. Торохов П.В. Сульфидная минерализация гидротермальных образований подводного вулкана Пийпа (Берингово море) // Докл. АН СССР. 1992. Т.326, N 6. С.1060-1063.
9. Торохов П.В., Таран Ю.А. Изотопные исследования гидротермального газа и минералов вулкана Пийпа (Берингово море) // Геология морей и океанов: Тез.докл. 10 междунар. школы по морской геологии. М., 1992. Т.1. С.175.
10. Устинов В.И., Стрижев В.П., Липкина М.И. Особенности формирования минералов дна Японского моря (по изотопным данным) // Тез. VIII Всесоюзного симпозиума по стабильным изотопам в геохимии. М., 1982. С.
11. Хью П., Тейлор м.л. Изотопы кислорода и водорода в гидротермальных рудных месторождениях // Геохимия гидротермальных рудных месторождений. М., 1982. С.200-233.
12. Arhentus G., Bonatti E. Neptunium and volcanism in the ocean//In Seary, M.(Ed), Progress in oceanolgraphy. London (Pergamon Press). 1965. V.3.P.7-22.
13. Fouguet Y., Stackelberg U., Charlou J. et.al. Hydrothermal activity in the Lau back-arc basin: Sulfides and water chemistry//Geology. 1991. V.19, 4. P.303-306.
14. Halbach P., Nakamura Ko-ichi, Washner M. et. al. Probable modern analogue of Kuroko-type massive sulphide deposits in the Okinawa Trough back-arc basin//Nature. 1989. V. 338. P.496-499.
15. Iizasa K., Yuasa M., Yokoto S. Mineralogy and geochemistry of volcanogenic sulfides from the Myojinsko submarine caldera, the Shichoto-Iwojima Ridge, Izu-Ogasawara Arc, north-western Pacific//Marine Geology. 1992. V.108. P.39-58.
16. Minoru Kusakabe, Shingo Mayeda and Eiso Nakamuro. S, O and Sr isotope systematics of active vent materials from the Mariana Backarc basin spreading axis at 18 N//Earth and Planet. Sci.Lett. 1990. V.100, N1-3. P.275-282.
17. Moore Willard S., Stakes Debra. Ages of Barite-sulfide chimneys from the Mariana Trough//Earth and Planet. Sci.Lett. 1990. V.100. N 1-3. P.265-274.
18. Okada K., Kato S., Kobayashi S. The Barite nodules from the Sin-Guro Bank, Japan Sea//J. Mining and Mat. Inst.Jap. 1971. V.87, N 1002. P.594-598.
19. Sakai H. Sulfur and oxygen isotopic study of barite concretions from banks in the Japan Sea of the Northeast Honshu, Japan//Geochem.J.1971. V.5, N 2. P.79-83.
20. Sakai H., Gamo T., Kim E.-S. et al. Unique chemistry of the hydrothermal solution in the mid-Okinawa Trough Backarc Basin//Geophys.Res.Lett. 1990. V.17, N 12. P.2133-2136.
21. Urade T., Kusakabe M. Barite silica chimneys from the Sumisi Rift, Izu-Bonin Arc: possible analog to hematitic chert associated with Kuroko deposits//Earth and Planet.Sci.Lett. 1990. V.100, N 1-3. P.283-290.

*Поступила в редакцию 14 февраля 1995 г.*

*N.V.A stakhova*

### **Barite mineralization in sediments of marginal seas in the western part of the Pacific Ocean**

The paper summarizes data on barite mineralization in sediments of marginal seas in the western part of the Pacific Ocean. Finds of barite neogenic occurrences were made on 12 sites, starting from the Bering Sea in the north as far as the Lau Sea in the south. All of them are confined to tectonically active areas of the sea floor. All the barites, with the exception of concretions in the Sea of Japan, have crystalline structure; they often form porous aggregates, and have a close isotopic composition. This is evidence for their formation as resulting from the interaction of sea water sulphate and Ba-bearing hydrothermal solutions outflowing on the sea floor surface. The barite formation in the Sea of Japan is likely to be linked to hydrothermal diffuence in the depth of sediment where barite concretions gradually grew interacting with mud water sulphate. It is concluded that the finds of relatively large accumulations of authigenous barite on the sea floor indicate their hydrothermal activity in this area. Taking into account frequent association of barite with sulphides, and also extensive development on the Japanese Islands of Kuroko type basite-polymetallic deposits confined to marine deposits, the areas of barite mineralization can be distinguished as areas favourable for polymetallic mineralization on the sea floor surface or in the depth of sediment in the marginal seas of the Western Pacific.