

УДК 549.761.34(265.54)

Н. В. Астахова, Е. Г. Ожогина, И. Б. Цой

БАРИТОВЫЕ КОНКРЕЦИИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Приводятся данные о строении, минеральном и химическом составе и возрасте баритовых конкреций, поднятых при дражировании западного склона хребта Окусири в районе северного замыкания Центральной котловины Японского моря.

В этом районе обнаружены конкреции, образованные мелкозернистым баритом, и конкреции, имеющие необычное внутреннее строение. Краевая часть последних, толщиной 2—6 мм, образована мелкозернистым баритом, а в центральной части находится черный прожилок (плоскость, секущая конкрецию по длине). Пространство между коркой и прожилком заполнено

Первые находки баритовых конкреций в осадках Мирового океана были сделаны в тропических морях. Они были найдены около Цейлона на глубине 1235 м, у острова Кэй (к юго-западу от Новой Гвинеи) на глубине 304 м в голубом иле, на Калифорнийском шельфе [3]. Многочисленные баритовые конкреции были обнаружены в конце 60-х годов у берегов о. Хонсю, между п-овом Ога и о. Садо. Эти находки приурочены к банкам Сингури, Торимигури, Окикамагури, Мукайси, Кошиишио [5, 6]. Упоминается также о находках баритовых конкреций в заливах Акита и Садо [5].

В 28-м рейсе НИС «Первенец» большое количество баритовых конкреций было поднято с глубины 1200—1300 м при дражировании крутого уступа в юго-восточной части возвышенности Северное Ямато [2]. У берегов о. Хонсю наибольшая концентрация баритовых конкреций обнаружена на банке Сингури. Конкреции имеют субсферическую форму, диаметр их от 1 до 30 см. На остальных банках было поднято несколько мелких конкреций веретенообразной и неправильной формы, до 2 см в поперечнике.

Поверхность конкреций ровная, серого цвета. Внутреннее строение у одних конкреций однородное, у других выделяются темно-серая центральная часть и ряд концентрических слоев светло- и темно-серого цвета. Во внутренней части некоторых конкреций отмечаются кальцитовые прожилки. В шлифах видно,

диатомовым илом верхнемиоценового возраста. Содержание $BaSO_4$ в валовой пробе 69,1%, в краевой части — 77,5%, в черном прожилке 84,9%. Кроме того, в черном прожилке отмечается повышенное содержание Fe_2O_3 (4,1%) и мышьяка (0,1%).

Так как хр. Окусири является восточным бортом шовного разлома, можно говорить о том, что источником бария в данном случае являлись гидротермальные растворы. Образование барита произошло, вероятно, в толще диатомового ила при реакции барийсодержащих растворов с сульфатами иловых вод осадка.

что основная масса конкреций представлена мелкозернистым баритом (размер частичек 0,02—0,1 мм) с примесью радиолярий, диатомей и терригенных минералов. Содержание $BaSO_4$ в конкрециях варьирует от 62,69 до 84,84%. Баритовые конкреции приурочены к толще диатомовых аргиллитов, возраст которых, по данным диатомового анализа, — конец среднего — начало позднего миоцена [5].

Конкреции возвышенности Северное Ямато имеют различную форму и размеры. Встречаются шаровидные, диаметром 3—7 см; валикообразные и гантелевидные диаметром 1,5—7 см и длиной от 3 до 32 см; лепешковидные, диаметром 4—7 см и толщиной 1,5—2 см. Поверхность их в разной степени покрыта пленкой гидроокислов марганца. Внутренняя часть конкреций светлая, со слегка зеленоватым оттенком и характеризуется неравномерным кристаллическим строением. Центральная часть конкреций сложена крупнокристаллическим лучистым баритом, с размерами кристаллов до 1,2 см. Периферийная часть образована радиально-лучистым баритом, но кристаллы здесь заметны лишь под микроскопом. Здесь же отмечается примесь радиолярий и диатомей. Содержание $BaSO_4$ в центральной части конкреции — 98%, в краевой — 74%. Конкреции приурочены к толще диатомового осадка верхнемиоценового возраста [2].

При ревизии каменного материала, поднятого в районе Северного замыкания Центральной котловины Японского моря (33-й рейс

НИС «Первенец»), было вновь обнаружено несколько конкреций барита (ст. 1711). Драгирование на этой станции велось в интервале 1560—1400 м на западном склоне хребта Окусири. Вместе с конкрециями в драге находилось большое количество ила, глыба базальтов, галька базальтов и андезитодацитов, кремнистые алевролиты и аргиллиты светлого цвета с зеленоватым оттенком, слабоуплотненные зеленовато-серые песчано-глинистые породы с редкими ходами червей. Конкрекции имеют шаровидную и эллипсоидальную форму. Поверхность их серого цвета, слегка шероховатая.

На срезе шарообразной конкреции диаметром 4 см (обр. 1) отчетливо выявляется зональное строение: темно-серое ядро и более светлая оторочка толщиной 0,5 см. Конкреция образована мелкопористым баритом, в шлифе отмечается большое количество диатомей разной сохранности и очень мелкие глобулы диагенетического пирита. Пирит развивается как по основной массе, так и по органическим остаткам.

Другая шаровидная конкреция диаметром 5 см, как самая легкая, была разбита на борту судна. Внутри находился песчано-глинистый осадок. Сохранился обломок размером 7×5 см с максимальной толщиной 2 см (обр. 2). Внешнюю часть оболочки конкреции составляет корка толщиной 4—6 мм, серого цвета. Внутренняя часть более светлая, пористая, с ямчатой поверхностью. Размер пор не превышает 1 мм. Создается впечатление, что она образована многочисленными сросшимися оолитами песчаной размерности. Граница с внешней частью оболочки довольно отчетливая.

Две конкреции овальной формы наиболее интересны и значительно отличаются от всех ранее описанных. Первая из них уплощенной формы. Размер максимального сечения 2,5×1,5 см. Первоначальная длина около 6 см (обр. 3). Вторая конкреция более округлая. Размер максимального сечения 2,5×2 см (обр. 4). Следует отметить, что один краешек по удлиненной оси у обеих конкреций отбит.

На распиле хорошо видно необычное строение конкреций (рис. 1). Внешнюю часть их составляет слой серого мелкокристаллического барита шириной в первом случае 3 мм, во втором 2 мм, в раздувах до 6 мм. В центральной части конкреций находится черный прожилок (плоскость, секущая конкрецию по длине). В первом случае он выходит за пределы конкреции, во втором — оканчивается во внешнем слое. Толщина черного прожилка колеблется от 1 до 5 мм. На старых сколах он рыжий за счет гидроокислов железа. Пространство между коркой и прожилком заполнено диатомовым илом (см. рис. 1, 2). Инфракрасный



Рис. 1. Баритовая конкреция (обр. 4).

спектр поглощения барита серого цвета снят на спектрофотометре UR-20 в области 400—3800 см⁻¹ по стандартной методике (0,5 мг образца таблетировались с 300 мг KBz). Полученный спектр (рис. 3) подобен эталонному спектру барита, приведенному в атласе Менке. Черный прожилок по данным рентгеноструктурного анализа определен также как барит (табл. 1).

Микротвердость серого барита, замеренная на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 50 г и экспозиции 10 с, равна 183,5—203 кгс/мм². Черный барит имеет меньшую твердость 130—132 кгс/мм², что, возможно связано с методической ошибкой, так как полированный шлиф дотирался вручную и в пустотах прожилка присутствует порошок хрома. Плотность черного барита, замеренного по методу М. М. Василевского, равна 4,06 г/см³—4,10 г/см³ (ошибка ±0,02 г/см³).

Рудная минерализация в баритовой конкреции представлена гидрогетитом и сульфидом железа и распространена крайне неравномерно. В прожилке черного барита отмечаются единичные очень мелкие зерна сульфида и гидрогетита. Основная часть рудного материала приурочена к припрожилковым участкам (рис. 4). В количественном отношении значительно преобладает сульфид, представленный мельчайшими (2—3 мкм) преимущественно округлыми (глобулярными) выделениями, образующими пыле- и сыпчевидную вкрапленность. Помимо этого, сульфид железа неравномерно замещает органические остатки, образуя при этом сетчатые, совицидные текстурь. Отмечаются единичные скопления, в каждом из которых присутствует по 6—10 глобулей.

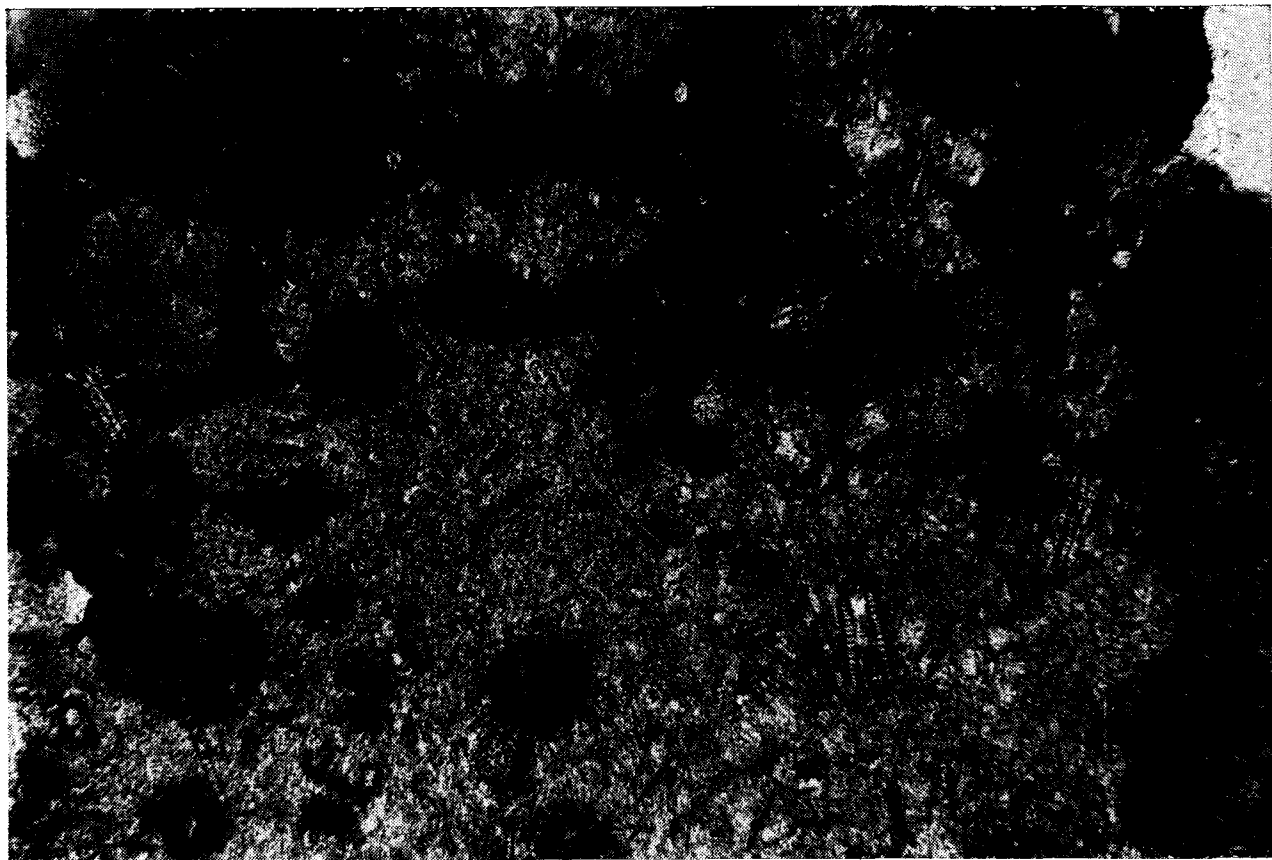


Рис. 2. Взаимоотношения барита (темное) и диатомового ила (светлое) (обр. 3). Прозрачный шлиф, без анализатора. Ув. 125. Репродукция.

Диаметр таких выделений изменяется от 13,8 до 28,8 мкм, размер глобулей — 2,5—2,7 мкм. Микротвердость, замеренная у глобулей сульфидов из таких выделений, равна 241—286 кгс/мм². Данные по микротвердости не позволяют описываемый сульфид однозначно отнести к пириту, так как в литературе известен пирит, обладающий микротвердостью меньше 550 кгс/мм². Тем не менее по данным рентгеновской микродифракции, полученной на электронном микроскопе (рис. 5), он однозначно определяется как пирит. Кроме этого

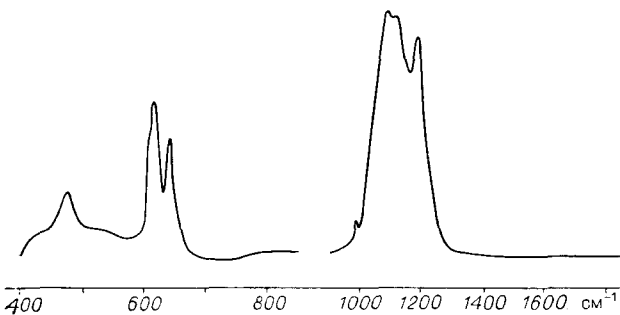


Рис. 3. ИК-спектр барита (обр. 1).

отмечается перекристаллизация сульфидов, заключающаяся в сегрегации глобулей и образовании плотно упакованных агрегатов.

Из текстурно-структурных особенностей сульфидной минерализации следует, что образование ее носило полностью или отчасти биогенный характер и в настоящее время находится в стадии перекристаллизации.

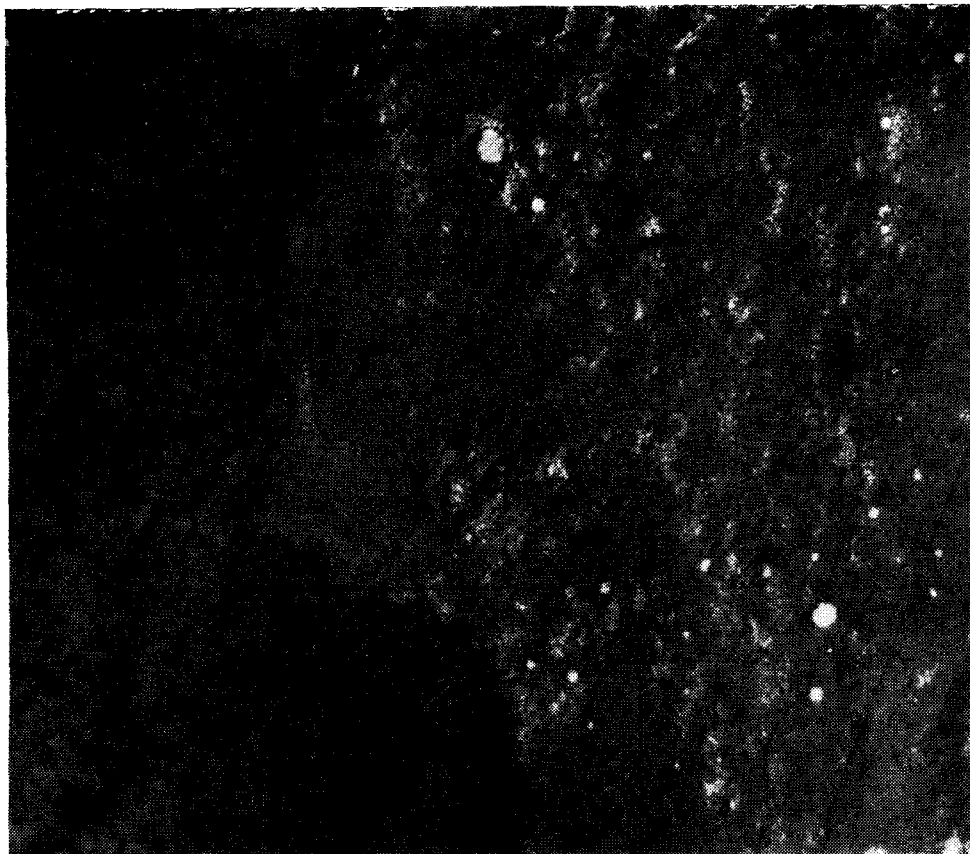
Гидрогетит представлен преимущественно гипидноморфными зёрнами размером до 30 мкм по длинной оси, реже отмечаются ксеноморфные вкрапления. Гидрогетит отмечается в баритовой массе, реже развивается по органическим остаткам. Наблюдался один случай замещения гидрогетитом сульфида железа.

Для определения возраста баритовой минерализации были отобраны три образца: рыхлый осадок из внутренней части конкреции (обр. 3), песчано-глинистая порода (обр. 5) и окремненный алевролит, поднятые на этой же станции.

В окремненном алевролите диатомей не обнаружены. В остальных образцах обнаружена довольно разнообразная диатомовая флора, близкая по составу. Кроме диатомей в них от-

Рис. 4. Контакт баритового прожилка с основной массой конкреции.

Светлое — вкрапленность сульфидов. Полированный шлиф, без анализатора. Увел. 200. Репродукция.



мечены эбриидеи, силикофлагелляты и спиккулы губок.

При анализе осадка из конкреции определено около 50 видов диатомей. Характерно разнообразие видов рода *Thalassiosira*, среди которых высокую численность имеет только *Thalassiosira marujamica* Sheshukova. Из стратиграфически важных видов отмечены *Actinocyclus ingens* Rattray, *Cosmiodiscus insignis* Jouse, *Denticulopsis hustedtii* (Sim. et Kan.) Simonsen, встреченные в единичных экземплярах. Часты находки *Nitzschia rolandii* Schrader em. Koizumi, *Thalassionema nitzschioides* (Grun.) H. et M. Perag., *Cymatosira debyi* Temp. et Brun. Данный комплекс сопоставляется с верхнемиоценовой зоной *Rouxia californica* (7,4—6,0 млн лет), согласно зональной неогеновой схеме Ф. Акибы [4].

В песчано-глинистой породе определено около 50 видов диатомей. Доминирует *Coscinodiscus marginatus*. Часто встречается *Nitzschia rolandii* Schrader em. Koizum. Остальные виды редки или единичны. Это *Actinocyclus ingens* Rattray, *Coscinodiscus symbolophorus* Grun., *Cosmiodiscus insignis* Jouse, *Neodenticula kamtschatica* (Zabelina) Simonsen, *Thalassionema hirosakiana* (Kanaya) Schrader, *Thalassiosira antiqua* (Grun.) Cl., *Th. marujamica* Sheshuk., *Th. punctata* Jouse, *Th. singularis* Sheshuk.

Данный комплекс также сопоставляется с зоной *Rouxia californica* (7,4—6,0 млн лет). В результате сравнительного анализа вышеописанных комплексов установлено, что диатомовые флоры из конкреций и вмещающих пород имеют близкий видовой состав. Особенности диатомовой флоры из баритовой конкреции (присутствие *Denticulopsis hustedtii*, *D. dimorpha*), возможно, свидетельствуют о несколько более древнем ее возрасте по сравнению с другими флорами.

В результате сравнительного анализа вышеописанных комплексов установлено, что диатомовые флоры из конкреций и вмещающих пород имеют близкий видовой состав. Особенности диатомовой флоры из баритовой конкреции (присутствие *Denticulopsis hustedtii*, *D. dimorpha*), возможно, свидетельствуют о несколько более древнем ее возрасте по сравнению с другими флорами.

Таблица 1

Данные рентгеноструктурного анализа барита

Черный прожилок		Барит	Черный прожилок		Барит
d/n (Å)	J	d/n (Å)	d/n (Å)	J	d/n (Å)
3,82	3	3,82	1,420	2	1,420
3,64	1	3,59	1,386	1	1,384
3,37	5	3,33	1,353	1	1,357
3,25	3		1,316	1	1,317
3,05	6	3,05	1,298	1	1,294
2,76	3	2,73	1,257	5	1,259
2,68	4		1,216	2	1,215
2,44	2	2,47	1,188	1	1,193
2,30	5	2,32	1,165	1	1,161
2,19	3	2,20	1,143	1	1,145
2,09	10	2,10	1,096	4	1,094
2,04	2	2,04	1,068	1	
1,927	1	1,922	1,057	1	1,058
1,839	3	1,847	1,044	1	1,045
1,751	2	1,745	1,030	2	1,027
1,670	3	1,670	1,024	2	
1,624	2	1,625	1,006	2	
1,587	1	1,581	0,996	1	0,991
1,520	3	1,526	0,983	2	
1,470	1	1,467			

Примечание. Анализ выполнен в ДВГУ ДВО АН СССР, аналитик С. М. Горюхина. Условия съемки: камера РКД-57, 3 мм; режим работы: 35 кВ, 1,5 мА, излучение Fe, экспозиция 4 ч.

Химический состав баритовых конкреций, мас. %

Образец	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	BaO	ППП	Sr
Обр. 1:														
край	10,00	0,009	1,64	0,64	0,07	1,05	1,29	0,12	0,25	0,10	27,44	53,07	2,08	1
центр	5,50	0,05	1,82	0,67	0,14	1,05	1,50	0,14	0,25	0,15	29,72	55,21	1,48	1
Обр. 2:														
край	7,31	0,41	2,60	1,20	1,25	1,15	1,07	0,25	0,39	0,12	27,18	51,92	2,76	0,50
валовая проба	14,5	0,09	3,00	1,47	0,17	1,47	1,50	0,32	0,35	0,05	22,29	49,13	3,40	1
Обр. 3:														
край	10,19	0,05	2,90	1,12	0,11	0,84	1,72	0,32	0,50	0,01	24,44	53,07	2,64	0,20
центр	0,24	0,03	1,55	4,10	0,11	0,73	1,50	0,03	0,05	0,01	31,21	53,73	6,12	0,12
валовая проба	15,34	0,10	2,90	2,39	0,17	1,47	1,72	0,39	0,50	0,02	23,75	45,35	4,56	0,60
Обр. 5:														
песчано-глинистая порода	66,28	0,37	10,61	4,20	0,04	1,96	1,32	2,88	1,80	0,09	Н. о.	0,8	11,30	0,01

Примечание. Определение породообразующих окислов произведено методом «мокрой химии», аналитик И. Н. Якушева, ТОИ ДВО АН СССР. Стронций определен спектральным приближенно-количественным анализом.

Содержание микроэлементов в баритовых конкрециях, 10⁻⁴ %

Образец	Sn	Pb	Zn	Cu	Ag	Ge	Ga	V	Cr	Ni	Co	Mo	As	Bi	Li
Обр. 1:															
край	—	5	—	20	—	—	6	—	5	3	—	—	—	—	60
центр	—	8	30	20	—	—	10	5	5	5	—	10	—	—	60
Обр. 2:															
край	—	10	30	20	—	—	10	5	10	5	—	5	—	—	100
валовая проба	—	20	50	30	—	—	10	5	10	30	10	10	—	—	300
Обр. 3:															
край	—	6	—	30	0,1	—	3	—	3	30	—	3	—	—	30
центр	—	60	60	50	0,3	3	10	10	—	30	20	20	1000	2	—
валовая проба	2	10	50	50	5	1	10	10	10	30	—	10	—	—	30
Обр. 4:															
валовая проба	3	60	60	100	2	2	5	20	5	60	—	30	300	2	100

Примечание. Содержание микроэлементов определялось спектральным приближенно-количественным анализом в ЦЛ ПГО Приморгеология.

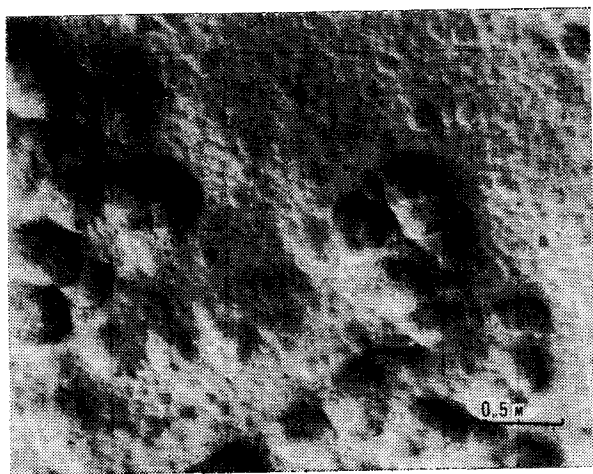


Рис. 5. Коллоидная структура пирита. Видна начальная стадия формирования глобулей. Сканирующий электронный микроскоп.

нию с флорой, выделенной из песчано-глинистой породы. Различие сравниваемых форм заключается в основном в количественном соотношении видов, обусловленном, вероятно, разными фаціальными условиями: диатомовая флора из песчано-глинистой породы формировалась в относительно глубоководных условиях.

Химический состав изученных конкреций приведен в табл. 2, 3. Изменение содержания SiO₂ в конкрециях от 0,24 до 15,34 % связано, скорее всего, с изменением количества примеси органических остатков. Содержание BaSO₄ в обр. 1 варьирует от 84 % в центральной части конкреции до 80,5 % в периферийной. Более темный цвет ядра, по-видимому, связан с высоким содержанием Mn. Содержание барита в валовой пробе обр. 3 составляет 69 %, в краевой части — 77 %, а в черном прожилке — 81,15 %. Черный барит характеризуется также значительно повышенным содержанием Fe₂O₃ и присутствием мышьяка, что возможно, и объясняет его цвет.

Так как хр. Окусири является восточным бортом шовного разлома [1], можно говорить о том, что источником барита в данном случае являлись гидротермальные растворы. Образование барита произошло, вероятно, в толще диатомового или при реакции барийсодержащих растворов с сульфатами поровых вод осадка. Железисто-бариевые и бариевые гидротермальные растворы поступали с перерывом во времени. При этом черный барит, по видимому, образовывал пластовые тела, впо-

следствии раздробленные более поздними тектоническими процессами.

Принимая во внимание, что уже обнаруженные баритовые конкреции и гидротермально-осадочные месторождения барита в Японии приурочены к морским отложениям миоценового возраста [3], следует ожидать новые находки барита на морском дне Японского моря в районах тектонических уступов в осадках этого же возраста.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безверхний В. Л., Берсенева И. И., Ващенко Н. Г. и др. Геологическое строение Северного замыкания Центральной глубоководной котловины Японского моря // Тихоокеан. геология.— 1988.— № 4.— С. 15—22.
2. Липкина М. И., Цой И. Б. Конкреции барита с подводной возвышенности Ямато в Японском море // Докл. АН СССР.— 1980.— Т. 254, № 4.— С. 1002—1005.
3. Македонов А. В. Современные конкреции в осадках и почвах.— М.: Наука, 1966.
4. Akiba F. Middle Miocene to Quaternary Diatom Biostratigraphy in the Nankai Trough and Japan Trench and modified Lower Miocene through Quaternary diatom zones for middle-to-high latitudes of the North Pacific // Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project.— 1986.— V. 87.
5. Okada K., Kato S., Kobayashi S. I. The barite nodules from the Sin-Guri Bank, Japan Sea // J. Mining and Mat. Inst. Jap.— 1971.— V. 87, N 1002.— P. 594—598.
6. 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.

ТОИ ДВО АН СССР
Владивосток

Поступила в редакцию
5 июня 1989 г.