

УДК 553.64

## ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦЕВЫЕ КОНКРЕЦИИ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ БЛИЗ ОСТРОВА БЕННЕТТА

© 2017 г. Г. Н. Батури<sup>1</sup>, В. Т. Дубинчук<sup>2</sup>, А. А. Овсянников<sup>3</sup>, В. А. Рашидов<sup>3</sup><sup>1</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия<sup>2</sup>Всероссийский институт минерального сырья им. Н.П. Федоровского, Москва, Россия<sup>3</sup>Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия  
e-mail: galibatur@list.ru

Поступила в редакцию 19.11.2015 г., после доработки 12.04.2016 г.

Железомарганцевые конкреции со дна северной части Восточно-Сибирского моря близ о. Беннетта исследованы методами аналитической электронной микроскопии и индуктивно связанной плазмы. Преобладающими компонентами их состава являются оксиды железа и марганца – железистый вернадит и частично магнетит, а также акцессорные минералы, включая апатит и титаномагнетит. Основной и микроэлементный состав образцов близок к составу конкреций из других арктических морей, но несколько отличен от конкреций с подводного поднятия Менделеева. Особенностью изученных конкреций является аномально высокое содержание ртути, а также относительно повышенное содержание европия в одном из образцов и наличие следов золота, что может быть связано с влиянием эндогенных газопаровых эксгаляций.

DOI: 10.7868/S0030157417050124

### ВВЕДЕНИЕ

Железомарганцевые конкреции на дне арктических морей, впервые обнаруженные Норденшельдом в 1881 г. в Карском море [26], многократно исследовались в дальнейшем многими другими учеными, описавшими их структуру, минеральный и химический состав [3, 5, 8–10, 12, 15–21, 23, 24, 27, 28].

Установлено, что арктические конкреции значительно беднее цветными металлами по сравнению с более глубоководными океанскими конкрециями и что они формируются на поверхности дна преимущественно за счет диффузии химических элементов из подстилающего осадка. Но наряду с этим в океане имеет место и другой тип формирования железомарганцевых отложений за счет поступления металлов в составе гидротермальных растворов из земных недр в тектонически активных зонах [1, 2].

В течение последних лет в связи с расширением комплексного исследования арктических регионов было установлено, что в северной части Восточно-Сибирского моря близ о. Беннетта (рис. 1), начиная с 1973 г., происходит эпизодическая, но мощная предположительно газо-паровая эксгаляция в форме струй, поднимающихся, судя по спутниковым наблюдениям, на высоту до 1000 км [22–24, 30] (рис. 2).

В 1983 г. в этом регионе проводились комплексные наземно-морские исследования экспедицией

Института вулканологии и сейсмологии ДВНЦ РАН под руководством Ю.П. Масуренкова [22–25] для изучения предполагаемого места выхода систематических газовыделений, появившихся здесь в феврале того же года [30].

Морские работы, включавшие в себя эхолотный промер и драгирование дна, выполнялись с борта гидрографического судна “Дмитрий Стерлегов” 16–17 сентября 1983 г. [24].

При драгировании восточной части подводного склона о. Беннетта, выполнявшемся под руководством и при непосредственном участии А.А. Овсянникова, было поднято значительное количество железомарганцевых конкреций. Морфологически они представляют собой относительно плотные образования овальных и округлых очертаний до 10 см в поперечнике и с утолщенными краями.

После экспедиции около 40 образцов конкреций были исследованы с применением химических, минералогических и спектральных методов [23], а для 13 валовых проб был выполнен дополнительный, но не полный химический анализ [24]. По результатам проведенных исследований был сделан вывод, что по некоторым показателям изученные конкреции сопоставимы с гидротермальными конкрециями океана [23, 24].

Для более детального рассмотрения этой проблемы мы продолжили исследования

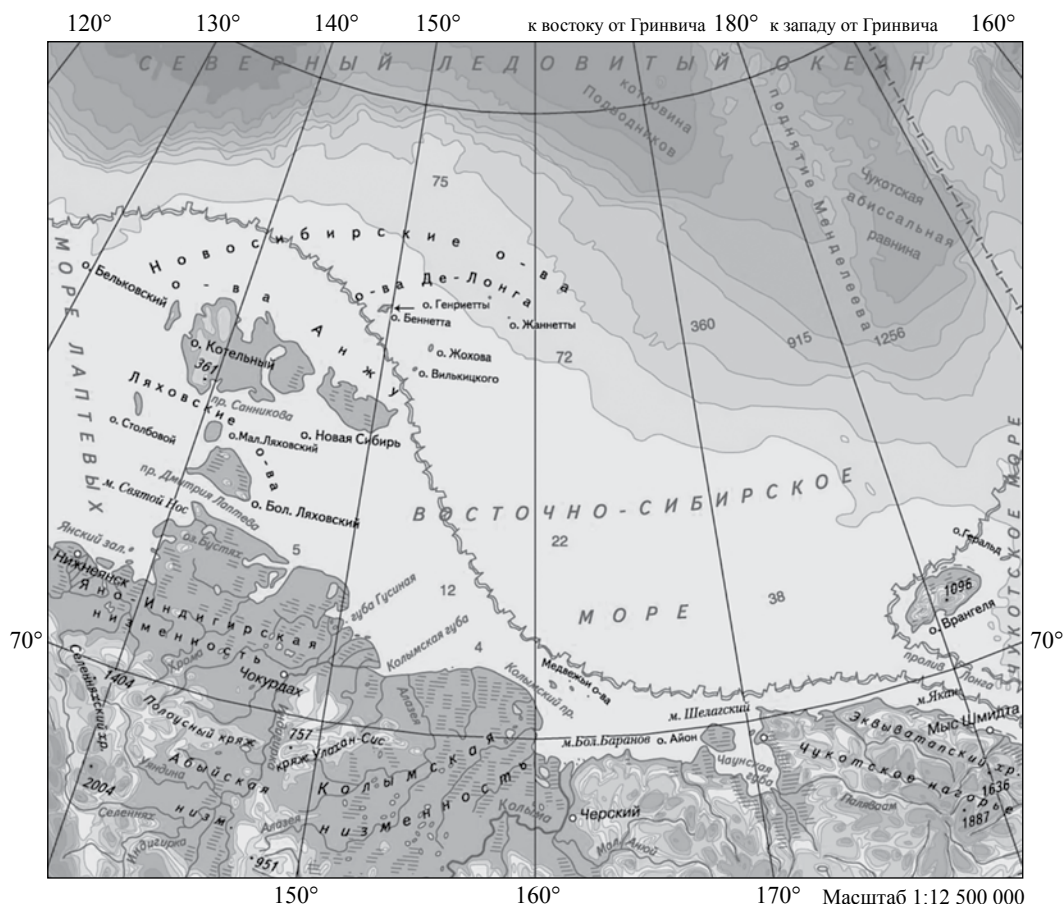


Рис. 1. Восточная часть арктического бассейна России. О. Беннетта находится севернее о. Новая Сибирь.

драгированных железомарганцевых конкреций на более широкой аналитической базе.

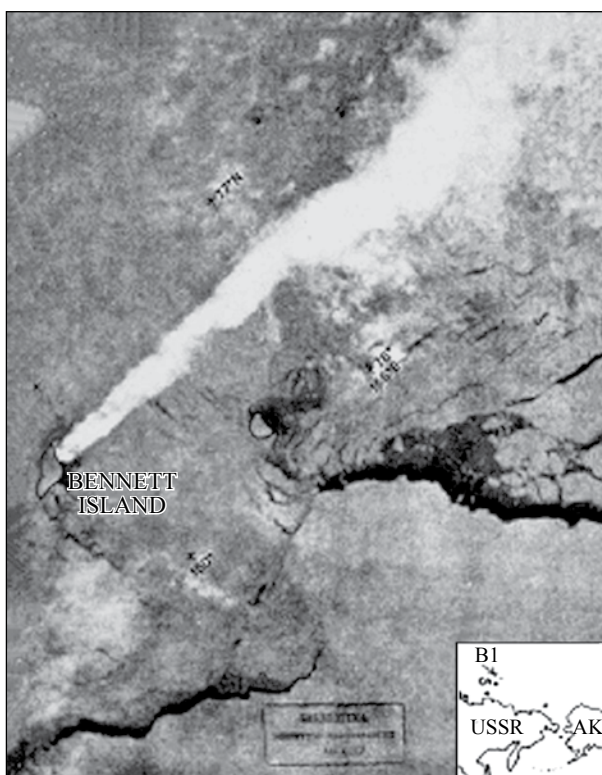
### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

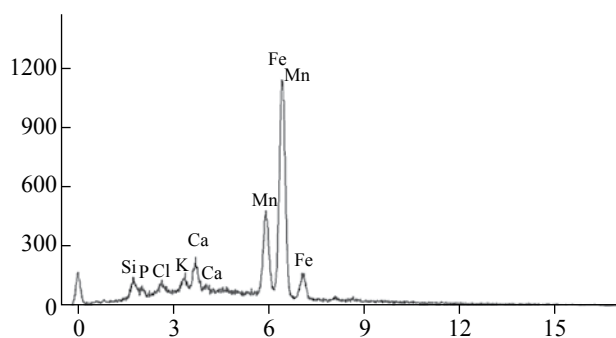
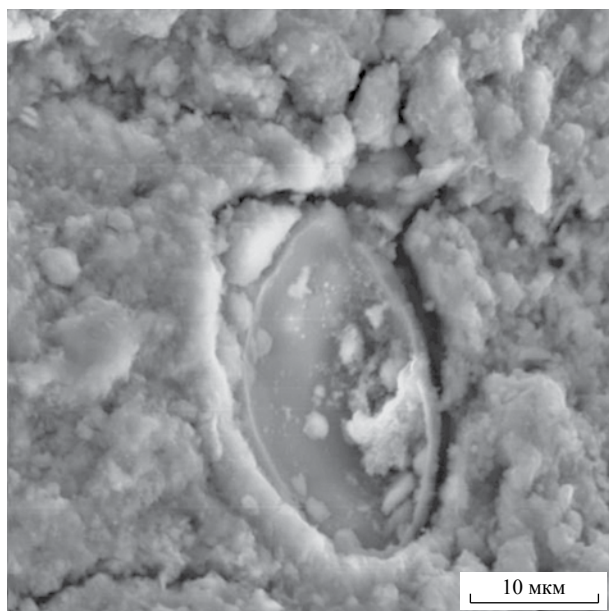
Для выполнения настоящего исследования из всей имеющейся коллекции конкреций были выбраны четыре типичных образца уплощенной формы с поперечными размерами от 5 до 8 см.

Микроструктуры конкреций изучали под сканирующим электронным микроскопом в аналитических лабораториях Всероссийского института минерального сырья им. Н.П. Федоровского (ВИМС) и в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

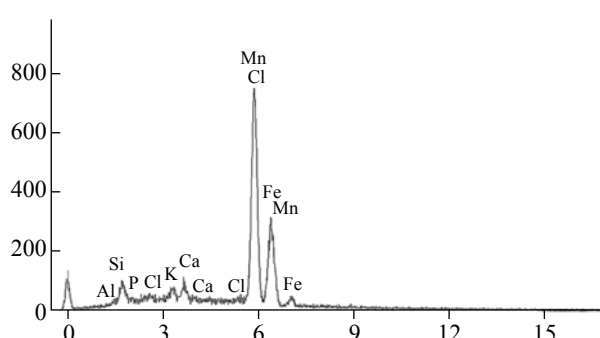
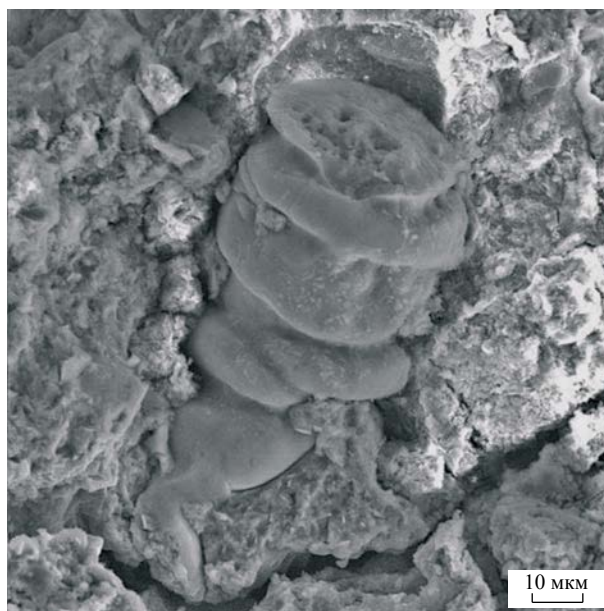
Минеральный состав определен в ВИМСе под просвечивающим электронным микроскопом с микродифракционной приставкой и с микрозондом, что позволяет одновременно увидеть морфологию микроскопических частиц и определить их минеральный и химический состав [7].

Рис. 2. Газовый шлейф, поднимающийся в атмосферу во время извержения, начавшегося 18.02.1983 г. Снимок 18943(NOOA-6) [30].





**Рис. 3.** Коллоидное строение основной массы конкреции с включением эллипсоидальной частицы магнетита, на которой лежат микроскопически-мелкие зерна апатита.



**Рис. 4.** Уплотненное железомарганцевое включение в коллоидной массе конкреции.

Полный элементный состав определяли методом ИСП-МС в Аналитическом Сертификационном Испытательном Центре Института проблем микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (АСИЦ ИПТМ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Строение и минеральный состав.** Просмотр образцов под сканирующим микроскопом показал, что они сложены преимущественно тонкозернистым и коллоидным материалом без видимых признаков формирования полнокристаллических агрегатов.

В одном из препаратов видно, что на фоне общей коллоидной массы выделяется обнаруженная с помощью микрозонда овальная частица магнетита размером до 30 мкм и более мелкие частицы апатита (рис. 3).

Явных биогенных остатков в конкрециях не обнаружено, но в одном препарате найдена сложенная гидроксидами железа и марганца частица размером менее 1 мм, похожая на корродированную раковину гастроподы, в которой карбонат отсутствует (рис. 4).

При исследовании того же материала под просвечивающим электронным микроскопом установлено, что главным рудным минералом является железистый вернадит (рис. 5), но идиоморфные кристаллические формы собственно марганцевых минералов не обнаружены, несмотря на преобладание марганца над железом во многих участках просмотренных препаратов.

Частицы апатита присутствуют в коллоидной массе довольно часто в виде удлиненных кристаллитов и их агрегатов, а в одном препарате обнаружен двойниковый кристалл церианита — редкометалльного апатита (рис. 6).

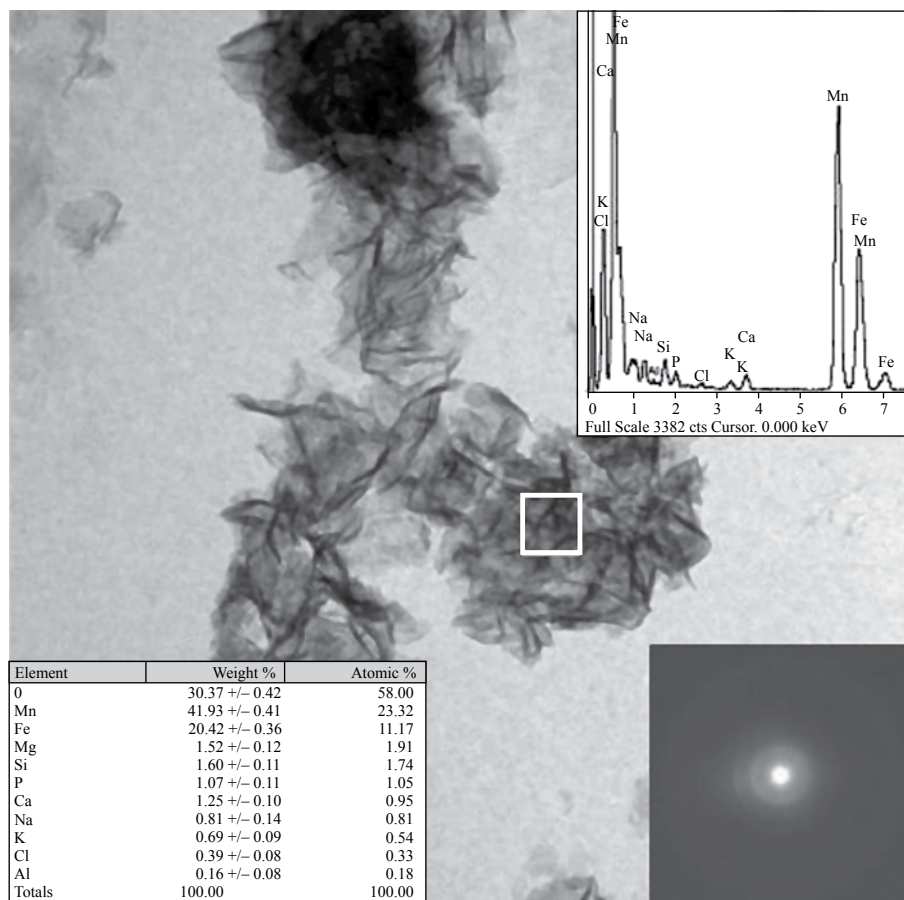


Рис. 5. Морфология и состав железистого вернадита (увел. 100000). В нижнем правом углу – микродифракционная картина вернадита.

**Основной элементный состав.** Рассмотрение полученных данных по основному составу конкреций (табл. 1) свидетельствует об относительно однородном составе образцов, что относится к алюминию (7.0–9.3%), титану (0.61–0.65%), натрию (2.7–2.9%), калию (1.6–1.8%), кальцию (2.0–2.7%) и магнию (1.6–1.7%). Заметнее, но не более чем в два раза, меняются содержания оксидов железа (16.1–22.9%), марганца (16.1–22.9%), фосфора (1.0–1.8%) и серы (0.09–0.16%).

При этом среднее содержание железа в исследованных образцах (9.9%) в 2–2.5 раза ниже, чем в приведенных в табл. 1 средних содержаниях в конкрециях из других арктических морей и Мирового океана. Кроме того, следует отметить, что среднее содержание в рассматриваемых образцах марганца, калия, кальция и магния почти совпадает с их средним содержанием в конкрециях моря Лаптевых, а среднее содержание алюминия, титана, натрия и фосфора – с их средним содержанием в конкрециях с поднятия Менделеева.

**Микроэлементный состав.** При рассмотрении микроэлементного состава материала (табл. 2) также выявляются своеобразные ассоциации.

Изученные образцы обеднены по сравнению с конкрециями из других морей мышьяком, кобальтом, селеном, теллуром и стронцием, а также ураном, низкое содержание которого характерно также и для океанских конкреций.

По содержанию бария, меди, галлия, молибдена, никеля, свинца, сурьмы и вольфрама они близки к конкрециям Восточно-Сибирского моря, а по содержанию бария, бериллия, висмута, кадмия, цезия, рубидия, скандия, теллура, ванадия, иттрия и цинка – к конкрециям моря Лаптевых.

С конкрециями поднятия Менделеева они близки только по содержанию лития, стронция и тантала, а сходство с глубоководными океанскими конкрециями ограничивается содержанием мышьяка, хрома, молибдена, олова и урана.

Уникальной особенностью изученных конкреций является аномальное обогащение всех образцов ртутью при максимальном содержании 11.6 г/т,

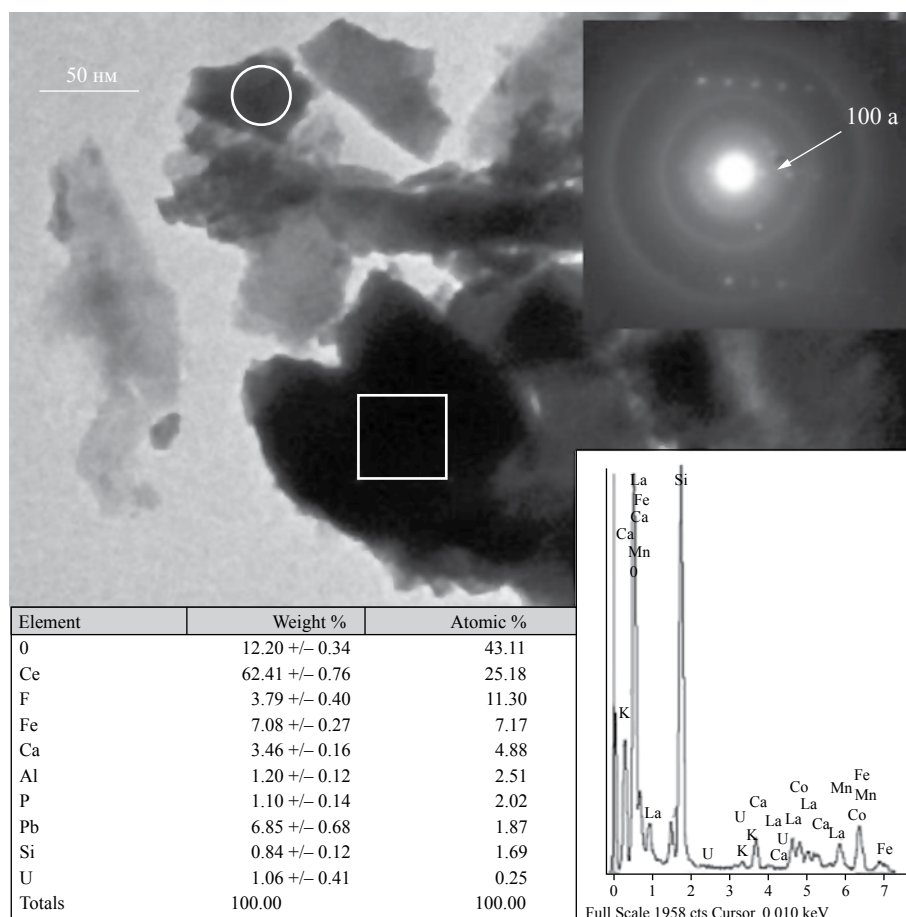


Рис. 6. Двойниковый кристалл церианита в колломорфной массе вернадита (увел. 100000). В правом верхнем углу – микродифракционная картина апатита.

т.е. в целом на один–два порядка выше среднего содержания в осадочных породах (0.089 г/т) [15], а также в морских и океанских железомарганцевых конкрециях [1, 2].

Другая особенность этого материала заключается в том, что в одном из образцов, по

результатам анализа ИСП-МС, обнаружено золото (30 мг/т), а в другом (по микрозондовому анализу) – следы палладия, что ранее наблюдалось нами в образцах с поднятия Менделеева [13].

Это позволяет предположить, что такие аномалии связаны с некоторыми содержащими ртуть

Таблица 1. Основной состав конкреций (%)

Компонент	Район близ о. Беннетта					Карское море [3]	Море Лаптевых [9]	Поднятие Менделеева [5]	Океан [1]
	Обр.1	Обр.2	Обр.3	Обр.4	Среднее				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.6	10.0	7.6	8.7	9.9	23.4	25.4	25.1	17.9
MnO	22.0	17.7	16.1	22.9	19.9	10.9	17.3	12.0	24.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.0	8.0	8.8	9.3	8.5	5.3	3.8	8.1	5.1
TiO <sub>2</sub>	0.62	0.61	0.64	0.65	0.63	0.24	0.14	0.54	1.12
Na <sub>2</sub> O	2.7	2.8	2.9	2.8	2.6	2.0	2.1	2.5	2.7
K <sub>2</sub> O	1.6	1.6	1.8	1.7	1.7	1.3	1.3	0.8	1.04
CaO	2.0	2.1	2.2	2.7	2.5	2.0	2.3	4.1	5.4
MgO	1.6	1.7	1.6	1.6	1.62	1.7	1.6	3.5	2.63
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.8	1.1	1.0	1.6	1.45	2.6	5.6	1.1	2.4
S <sub>общ</sub>	0.10	0.09	0.16	0.15	0.11	–	0.12	0.48	0.5

Таблица 2. Микроэлементный состав конкреций (г/т)

Элемент	ЖМК близ о. Беннетта					Карское море [3]	Море Лаптевых [9]	Поднятие Менделеева [5]	Океан [1]
	Обр.1	Обр.2	Обр.3*	Обр.4	Среднее				
Ag	0.083	0.034	0.064	0.094	0.07	<0.03	0.048	0.35	0.9
As	259	160	134	142	170	527	750	550	140
Ba	912	923	737	747	840	900	1020	425	2300
Be	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	0.73	1.1	5.5	2.5
Bi	0.25	0.13	0.13	0.15	0.16	0.24	0.13	9	7
Cd	2.3	5.6	1.9	1.9	2.9	11.2	2.4	5.5	10
Co	266	184	200	217	215	314	340	4590	2700
Cr	42	43	55	36	45	26	14	25	35
Cs	2.3	1.9	2.2	2.4	2.2	1.8	2.3	1.6	1
Cu	43	41	39	41	40	37	24	542	4500
Ga	49	43	11	20	30	42	15	7	10
Hf	2.2	3.0	2.3	1.9	2.3	0.8	1.1	9	8
Hg	2.4	1.2	11.6	2.4	4.5	0.076	0.15	0.003	0.02
Li	40	104	24	21	47	95	34	45	80
Mo	480	400	344	377	400	417	190	265	400
Nb	8.5	12.2	11.1	9.2	10	3.1	3.1	42	50
Ni	179	141	173	183	167	127	226	2490	6600
Pb	33.8	27.3	33.1	30.0	31	48	19	530	900
Rb	45	44	57	52	50	31	33	27	17
Sb	16.7	19.0	13.2	14.6	16	18	14	54	40
Sc	6.0	6.5	6.8	6.2	6.2	4.2	5.4	37	10
Se	2.2	2.0	<1.3	<1.2	1.2	2.7	4.1	12	0.6
Sn	0.8	1.0	1.5	1.5	1.2	0.43	0.66	4	2
Sr	610	523	492	504	530	970	1070	737	1030
Ta	0.49	0.70	0.68	0.58	0.61	0.20	0.20	1	10
Te	<0.15	<0.2	<0.06	0.18	0.1	0.52	0.14	26	10
Th	4.6	5.4	4.1	4.7	4.7	3.2	3.4	100	30
Tl	1.8	3.0	1.5	1.3	1.9	7.5	0.77	140	150
U	5.2	4.3	4.2	5.5	5.0	9.3	12	11	5
V	205	156	159	188	176	400	173	890	500
W	6.2	4.6	4.2	7.5	5.6	5.5	8.5	55	100
Y	32	28	27	27	27	38	30	240	150
Zn	159	154	150	160	158	320	190	400	1200
Zr	91	126	104	83	100	37	42	280	560

\*В образце № 3 обнаружено 0.03 г/т золота.

эксгальциями невыясненного пока общего состава, которые, согласно спутниковым наблюдениям, эпизодически активизируются в районе о. Беннетта, достигая многокилометровых высот. Видимо, на своем пути из недр ртуть извлекает из вмещающих пород золото. Как известно, это свойство ртути широко используется при добыче золота.

**Редкоземельные элементы.** Суммарное содержание 14 редкоземельных элементов (РЗЭ) в рассматриваемых образцах, как показано в табл. 3, находится в пределах от 124 до 156 г/т, т.е. незначительно ниже относительно их среднего содержания в глинистых осадочных породах (175 г/т по данным [15]). В железомарганцевых конкрециях с поднятия Менделеева содержание суммы этих

элементов более чем на порядок выше и составляет около 2000 г/т, что приближается к их содержанию в океанских железомарганцевых конкрециях и корках [1, 2].

Важнейшей характеристикой состава редкоземельных элементов являются величины цериевой и европиевой аномалий, которые рассчитываются по отношению нормализованных по сланцам содержания церия и европия к полусуммам двух соседних элементов – соответственно а) лантана и празеодима и б) самария и гадолиния [17].

В данном случае величины цериевой аномалии в наших образцах чуть ниже равновесных (0.94–0.99). Европиевая аномалия в двух образцах также незначительно ниже равновесной (0.95 и 0.97),

**Таблица 3.** Содержание редкоземельных элементов (г/т)

Элемент	Обр. 1	Обр. 2	Обр. 3	Обр. 4	Поднятие Менделеева [5]
La	29.8	31.8	26.0	29.2	210
Ce	60.1	67.7	55.0	60.8	1226
Pr	6.6	7.3	6.0	6.6	55.7
Nd	26.7	28.6	24.4	25.5	221
Sm	5.9	5.9	5.1	5.5	54.4
Eu	1.4	1.3	1.3	1.3	16.2
Gd	6.7	6.2	5.2	5.6	62.3
Tb	0.99	0.91	0.76	0.8	10.2
Dy	5.6	4.9	4.3	4.6	58.1
Ho	1.1	1.0	0.86	0.93	11.3
Er	3.2	2.8	2.4	2.7	32.5
Tm	0.42	0.37	0.33	0.35	4.7
Yb	2.8	2.4	2.1	2.1	29.6
Lu	0.42	0.35	0.30	0.33	4.3
Сумма	151	161.5	124.1	156.3	1991
Ce*	0.94	0.97	0.99	0.94	2.22
Eu*	0.97	0.95	1.11	1.03	0.98

в третьем образце – значительно выше ( $Eu^* = 1.11$ ), что свойственно гидротермальным отложениям океана и некоторым вулканитам [4, 6, 11–14, 29].

### ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют, что в целом для железомарганцевых конкреций со дна арктических морей характерно определенное однообразие, а также относительная обедненность цветными металлами, что выявляется при сопоставлении состава изученных образцов северной части Восточно-Сибирского моря со средним составом конкреций из других арктических морей и с составом океанских конкреций. Океанские конкреции, по сравнению с морскими, особенно обогащены серебром, барием, висмутом, кобальтом, медью, ниобием, никелем, иттрием, цинком и цирконием. При этом конкреции с поднятия Менделеева занимают промежуточное положение, поскольку они богаче всех прочих арктических образцов бериллием, висмутом, кобальтом, гафнием, ниобием, никелем, сурьмой, селеном, теллуром, таллием и иттрием.

Но наиболее значимы три выявленные в составе изученных конкреций геохимические особенности: повышенные содержания ртути, золота и европия.

При интерпретации этих явлений можно предположить, что поскольку в рассматриваемом регионе существуют некие многократно наблюдавшиеся газо-паровые эксгаляции, то в их составе присутствует эндогенная ртуть, которая извлекает золото из коренных пород в ходе миграции

газо-паровой фазы из земных недр к поверхности Земли и далее в атмосферу, но при достижении поверхности раздела вода–дно некоторые компоненты этой массы извлекаются морскими отложениями, включая конкреции, обладающие сорбционными свойствами. Таким образом, золото в конкрециях, видимо, связано с ртутью.

Что касается аномально высокого содержания европия, то это явление свойственно многим вулканитам и гидротермальным образованиям, что неоднократно наблюдалось в зонах тектонической активности, где европий оказывается наиболее подвижным по сравнению с другими редкоземельными элементами.

В первой из предыдущих работ, посвященных описанным выше образцам, было высказано предположение об их гидротермальном происхождении в связи с низким содержанием в них цветных металлов [24]. Но обедненность металлами морских железомарганцевых конкреций по сравнению с океанскими свойственна всем арктическим конкрециям от Белого и Баренцева до Восточно-Сибирского моря [1, 3, 5, 8, 9, 15 и др.], что не сопровождается видимой гидротермальной активностью. Рассмотренные конкреции соответствуют по основному составу прочим арктическим конкрециям, а присутствие в них экзотических компонентов может быть связано, вероятно, с некими газовыми эксгаляциями.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Железомарганцевые конкреции, собранные со дна северной части Восточно-Сибирского моря рядом с о. Беннетта, близки к конкрециям из

других арктических бассейнов по морфологии и минералогии, но отличаются от них своеобразными геохимическими аномалиями – необычно повышенным содержанием ртути во всех изученных образцах, а также повышенным содержанием золота и европия в одном из образцов. Эти факты подтверждают высказанные ранее предположения об эндогенном происхождении газо-паровых эксгаляций, которые визуальным образом наблюдались в этом регионе в течение ряда лет, но были недоступны для непосредственного изучения. Проведенное исследование показывает, что такие пульсирующие эксгаляции в Арктике действительно существуют, о чем свидетельствуют рассмотренные геохимические маркеры.

Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН № I П 13.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батури Г.Н. Геохимия железомарганцевых конкреций океана. М.: Наука, 1986. 340 с.
2. Батури Г.Н. Руды океанов. М.: Наука, 1993. 300 с.
3. Батури Г.Н. Вариации состава железомарганцевых конкреций Карского моря // *Океанология*. 2011. Т. 51. № 1. С. 153–161.
4. Батури Г.Н. Геохимия гидротермальных железомарганцевых корок Японского моря // *Докл. РАН*. 2012. Т. 445. № 2. С. 179–184.
5. Батури Г.Н. Микроэлементный состав железомарганцевых конкреций арктических морей России // *Геология морей и океанов. Матер. XX Школы по мор. геологии*. М.: ГЕОС, 2013. Т. 2. С. 244–247.
6. Батури Г.Н., Дмитриев Д.В., Гурвич Е.Г. и др. Европийная аномалия в сульфидных рудах океана // *Докл. АН СССР*. 1987. Т. 296. № 1. С. 207–210.
7. Батури Г.Н., Дубинчук В.Т. Микроструктуры железомарганцевых конкреций океана. Атлас микрофотографий. М.: Наука, 1989. 288 с.
8. Батури Г.Н., Дубинчук В.Т. О составе железомарганцевых конкреций Чукотского и Восточно-Сибирского морей // *Докл. РАН*. 2011. Т. 440. № 1. С. 93–99.
9. Батури Г.Н., Дубинчук В.Т. Состав железомарганцевых конкреций моря Лаптевых // *Геология морей и океанов: Материалы 19-й Международной конференции морской геологии*. М.: ГЕОС, 2011. Т. 2. С. 148–152.
10. Батури Г.Н., Дубинчук В.Т., Иванов Г.И., Сираев А.И. Особый тип железомарганцевого оруденения на дне арктического бассейна // *Докл. РАН*. 2014. Т. 458. № 4. С. 436–441.
11. Батури Г.Н., Дубинчук В.Т., Рашидов В.А. Особенности распределения микроэлементов в железомарганцевых корках Охотского моря // *Докл. РАН*. 2011. Т. 440. № 2. С. 213–219.
12. Батури Г.Н., Дубинчук В.Т., Савельев Д.П. и др. Железомарганцевые корки на дне Берингова моря // *Докл. РАН*. 2010. Т. 435. № 2. С. 225–229.
13. Батури Г.Н., Зайцева Л.В., Маневич Т.М. Геохимия вулканических пеплов исландского и камчатских вулканов // *Докл. РАН*. 2012. Т. 443. № 3. С. 342–346.
14. Батури Г.Н., Матвеев В.В., Дара О.М. Гидротермальная труба их рудного поля Гуаймас (Калифорнийский залив) // *Геология морей и океанов: Материалы 21-й Междун. школы морской геологии*. М.: ГЕОС, 2015. Т. 2. С. 121–125.
15. Богданов Ю.А., Горшков А.И., Гурвич Е.Г. и др. Железомарганцевые конкреции Карского моря // *Океанология*. 1994. Т. 34. № 5. С. 789–800.
16. Григорьев Н.А. Среднее содержание химических элементов в горных породах // *Геохимия*. 2003. № 7. С. 785–792.
17. Гуревич Я.И., Яковлев А.В. Железисто-марганцевые корки и конкреции Карского моря // *Кобальтоносные железомарганцевые корки Тихого океана*. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1993. С. 97–111.
18. Гуревич Я.И., Яковлев А.В. Железомарганцевые конкреции и корки западно-арктического шельфа // *Полезные ископаемые континентальных шельфов*. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2005. С. 158–161.
19. Дубинин А.В. Геохимия редкоземельных элементов в океане. М.: Наука, 2006. 360 с.
20. Калинин В.В., Павлидис Ю.А. Железистые конкреции Чукотского моря // *Проблемы геоморфологии, литологии и литодинамики шельфа*. М.: Наука, 1982. С. 115–129.
21. Кленова М.В. Геология моря. М.: Учпедгиз, 1948. 500 с.
22. Масуренков Ю.П., Слэзин Ю.Б., Собисевич А.Л. Газовые шлейфы у острова Беннетта // *Изв.РАН. Сер. географическая*. 2013. № 3. С. 86–95.
23. Масуренков Ю.П., Собисевич А.Л., Петрова В.В. и др. Феномен газовых шлейфов острова Беннетта // *Геофизический журн.* 2013. № 1. Т. 35. С. 27–45.
24. Масуренков Ю.П., Собисевич А.Л., Петрова В.В. и др. Современная активность эндогенных процессов у острова Беннетта (архипелаг де Лонга, Арктика). М.: Институт физики Земли, 2012. 160 с.
25. Масуренков Ю.П., Флеров Г.Б. Базальты острова Беннетта в Советской Арктике // *Вулканология и сейсмология*. 1989. № 1. С. 36–53.
26. Норденшельд А.Э. Путешествие вокруг Азии и Европы на пароходе Вега в 1878–1880 гг. (Пер.



- со шведского Барановского С.И.). СПб., 1881. 516 с.
27. *Страхов Н.М., Штеренберг Л.Е., Калинин В.В., Тихомирова Е.С.* Геохимия осадочного марганцево-ворудного процесса. М.: Наука, 1968. 482 с.
28. *Шнюков Е.Ф., Огородников В.И., Красовский К.С.* Железомарганцевые конкреции морей СССР // Геол. журнал. 1987. Т. 47. № 1. С. 32–42.
29. *Gromet L.P., Dymek R.F., Haskin L.A., Korotev R.L.* The “North America shale composite”: Its compilation, major and trace element composition // *Geochim. et cosmochim. acta.* 1984. V. 48. № 12. P. 2469–2462.
30. *Keantle J., Roederer J.G., Shaw G.E.* Volcanic event in Soviet Arctic // *EOS.* 1983. V. 64. № 20. P. 377.

## Ferromanganese Nodules from the East Siberian Sea near the Bennett Island

G. N. Baturin, V. T. Dubinchuk, A. A. Ovsyannikov, V. A. Rashidov

Ferromanganese nodules recovered from East-Siberian Sea near to Bennett Island have been studied by coupled ultramicroscopic and ICP-MS methods. The most part of nodules are flattened dense formations 2.5 to 10 cm in cross section and circled by thick rim which is common in nodules from other Arctic Basins. The major components of nodules are iron and manganese oxides in form of iron vernadite and magnetite, and accessory minerals. The metalliferous part consists mainly of ferrous vernadite with lesser magnetite along with accessory apatite and titano-magnetite. The major and trace element composition of nodules is comparable to most arctic nodules but somewhat different as compared to those from Mendeleev Rise. The peculiar feature of these nodules consists in high mercury concentration in all samples and a positive europium anomaly in one sample along with gold which might be related to influence of endogenous exhalations.