

X

УДК 552.124.4:553.3(47+57)

Железо-марганцевые конкреции морей СССР

Е. Ф. Шнюков, В. И. Огородников, К. С. Красовский

Железо-марганцевые конкреции известны в осадках многих морей СССР. Концентрация их на морском дне носит самый разнообразный характер и в значительной мере определяется особенностями геохимической обстановки в бассейнах седиментации, гидрохимическим режимом водоемов, поступлением рудного вещества с суши и другими факторами.

Первая сводка о железо-марганцевых конкрециях Черного, Балтийского, Баренцева и Карского морей была дана Я. В. Самойловым и А. Г. Титовым [41]. Материалы исследований железо-марганцевых конкреций морей СССР обобщались в работах Ф. Т. Манхейма [60], А. В. Македонова [35], Н. М. Страхова [45], Е. Ф. Шнюкова [49], Л. Е. Штеренберга [53] и других исследователей. Несмотря на ценность полученных данных, в этих работах недостаточно полно освещены развитие конкреций во всех морях, омывающих берега нашей страны, сравнительная морфология и химизм железо-марганцевых конкреций, а также ряд других характеристик. Появившиеся в настоящее время многочисленные материалы по железо-марганцевым конкрециям морей СССР (в том числе материалы авторов по некоторым северным и южным морям) позволили дать достаточно полную характеристику конкреционных образований.

Распространение. Морскими железо-марганцевыми конкрециями называются находящиеся в донных осадках концентрически-слоистые, разносторонне растущие вокруг какого-либо ядра, обычно округлой или уплощенной формы, минеральные стяжения, значительная часть которых состоит из оксидов и гидрооксидов Fe и Mn. Размер их колеблется от миллиметров до десятков сантиметров. Особой разновидностью железо-марганцевых конкреций являются железо-марганцевые корки, которые представляют собой слоистые уплощенные стяжения, состоящие значительной частью из оксидов и гидрооксидов Fe и Mn и растущие на какой-либо выступающей на морском дне поверхности. Толщина корок колеблется от долей миллиметра до нескольких сантиметров, но их площадные размеры всегда превышают их толщину.

В Черном море железо-марганцевые конкреции встречены на многих участках шельфа [29, 48]. В пределах основного поля — Каламитского — они встречаются в интервале глубин 70—190 м, на шельфе Румынии — 40—90 м, Болгарии — 90—180 м, в других районах — 100—135 м. Нижняя граница распространения конкреций в Черном море лимитируется глубинами развития сероводородной зоны. В Каламитском заливе поверхностная плотность конкреций достигает 2,5 кг/м² [11], а суммарные запасы (с учетом погребенных конкреций) — 5,6 млн. т [48].

В Балтийском море железо-марганцевые конкреции распространены очень широко [10, 60, 62]. Выделяются пять основных районов: Финский, Рижский и Ботнический заливы, Гданьско-Клайпедский и Готланд-Борнхольмский районы (последние два объединяются в район

Центральной Балтики). В Финском заливе железо-марганцевые конкреции встречаются на глубине 29—78 м, в Рижском — 13—17, Ботническом — 70—140, в Гданьско-Клайпедском районе — 48—103. Поверхностная плотность конкреций в Ботническом заливе составляет 0,5—5 кг/м² [62], а в Рижском — 3500 т/км² (3,5 кг/м²) [38]. Всего в Балтийском море содержится около 100 млн. т железо-марганцевых конкреций [5].

Железо-марганцевые конкреции встречены во всех северных морях СССР. Сведения о них весьма разнообразны, и для составления карты их развития, кроме наших, были использованы материалы опубликованных работ [2, 17, 18, 23—28, 32, 41, 42]. В Белом море железо-марганцевые конкреции обнаружены в интервале глубин 28—181 м, Баренцевом — 70—362, Карском — 38—95, Чукотском — 14—194. К сожалению, мы не располагаем данными по глубинам станций, где были подняты конкреции в море Лаптевых и Восточно-Сибирском, но, судя по батиметрии, они находятся на глубине 15—60 м. Содержание их в осадках Карского моря достигает 13 кг/м², а средние запасы на перспективных площадях — около 20 млн. т [28].

В работе [51, с. 10] сформулировано понятие о поле конкреций. Указано, что «поле конкреций локализуется прежде всего в определенной геоморфологической единице морского дна. Для поля конкреций характерны сходство морфологических форм выделения рудного материала, сходство химизма конкреций, по всей вероятности, как итог — сходство условий образования и решающей роли тех или иных генетических факторов».

Для северных морей СССР уже накоплен огромный фактический материал по распространению и некоторым другим характеристикам железо-марганцевых конкреций. К сожалению, пока эти сведения ограничены; в частности, отсутствуют данные по химическому составу конкреций Восточно-Сибирского моря. Поэтому, если строго следовать определению поля конкреций по работе [51], выделять их здесь пока преждевременно. Но все же нам представляется целесообразным наметить поля конкреций в северных морях в тех случаях, когда в одном районе железо-марганцевые конкреции встречены на нескольких станциях. Это позволит в будущем более целенаправленно проводить работы по их изучению. Нами была составлена карта распространения железо-марганцевых конкреций в морях СССР (рис. 1) и намечены следующие поля: в Белом море — Двинское и Кандалакшское, в Баренцевом — Шпицбергенское, Северо-Баренцевоморское, Новоземельское, Печорское, в море Лаптевых — Янское, в Восточно-Сибирском — Индигирское, в Чукотском — Врангелевское. В Карском море железо-марганцевые конкреции распространены очень широко. Так, по данным Б. А. Кошелева [28], конкреции встречены на 40 станциях, а Н. Н. Куликова [32], — на 39. Карты с точками находок конкреций приведены также в работах [2, 18]. Поэтому нами выделено единое Центрально-Карское поле конкреций.

На Дальнем Востоке железо-марганцевые образования встречаются в Охотском и Японском морях. В Беринговом море они не обнаружены [34]. В Охотском море железо-марганцевые корки были найдены в его юго-восточной части на глубине 600—2300 м [37]. В Японском море железо-марганцевые образования встречаются главным образом на подводных возвышенностях: Первенца, Тарасова, Гэбасс и других на глубине 860—2900 м [4, 19, 21, 39, 53]. Кроме того, есть указание о том, что в осадках северной части Японского моря в виде включений содержатся небольшие железо-марганцевые конкреции [16].

Сведения о железо-марганцевых конкрециях в Каспийском море весьма отрывочны. В работе [1] указывается, что на трех станциях в районе подводного вала между Баку и м. Куули на глубине около 200 м поднят грунт, содержащий плотные железисто-известковые образования, залегающие на дне в виде тонкой прослойки, видимо, конкреционного происхождения. Кроме того, в работе [33] изучалась

плотная неправильной формы корка с гладкой темно-коричневой поверхностью с глубины 20 м.

Несмотря на детальные исследования, проведенные в Аральском [7, 46] и Азовском [50] морях, железо-марганцевые конкреции в этих бассейнах не обнаружены.

Морфология. Морфология железо-марганцевых конкреций морей СССР весьма разнообразна. В Черном море они обычно представляют собой наросты оксидов и гидроксидов Fe и Mn на ядре, которым в

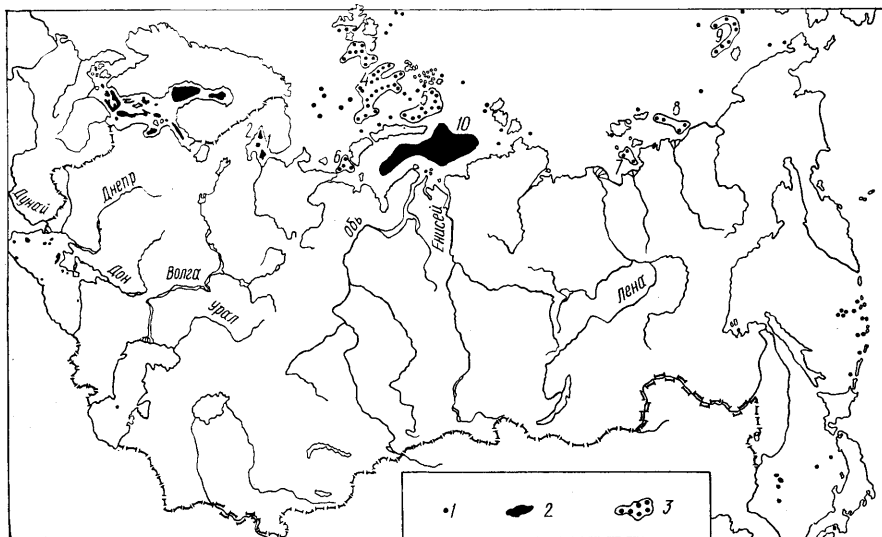


Рис. 1. Распространение железо-марганцевых конкреций в морях СССР

1 — точки находок конкреций; 2 — поля конкреций; 3 — то же намечаемые. Поля конкреций: 1 — Двинское, 2 — Кандалакшское, 3 — Шпицбергенское, 4 — Северо-Баренцееморское, 5 — Новоземельское, 6 — Печорское, 7 — Янское, 8 — Индигирское, 9 — Врангелевское, 10 — Центральнокарское

большинстве случаев служит раковина (или ее обломок) небольшого моллюска (чаще всего *Modiola phaseolina*) или илистая трубочка червя-илоеда (*Mellina*). Размер конкреций лимитируется величиной ядра и толщиной рудного нароста. Наиболее крупные конкреции обнаружены в Каламитском заливе В. Х. Геворкьяном [14] в виде раковин *Mytilus* размером до 15 см с каемкой оксидов Mn и Fe. Конкреции величиной до 3 мм названы микроконкрециями [30]. В них ядро обычно представлено обломком раковины, хотя иногда четко оформленное ядро выделить нельзя. Скорей всего, такие конкреции образовались вокруг сгустка уплотненного ила или небольшой терригенной частицы. Возможно также, что рост их начался с соединения нескольких коллоидных частиц гидроксидов Fe и Mn.

По толщине рудного слоя железо-марганцевые конкреции Черного моря разделены на налеты и собственно конкреции. Налеты представляют собой очень тонкий (до 1 мм) слой оксидов Fe и Mn на поверхности раковины, чаще всего у ее внешнего края. Они являются главной морфологической формой на Ялтинском поле, широко распространены на Калиакринском, а также по периферии Каламитского.

Собственно конкреции — это образования обычно дискоидальной, округлой или удлинённой формы, в основном определяемой формой ядра. В конкрециях Каламитского поля максимальная величина наростов составляет 5 мм. П. С. Димитров [20] на южном шельфе Болгарии обнаружил на раковинах железо-марганцевые корки толщиной до 4—5 мм. Поверхность конкреций довольно неровная, иногда бугристая, кавернозная.

И. И. Волков возле мыса Меганом (устное сообщение) обнаружил железистые корки, представляющие собой плоские неправильной формы стяжения. Поверхность их, обращенная к воде, имеет буровато-

коричневый цвет, а к осадкам — покрыта зеленовато-серой пленкой. Поверхностный слой стяжений более плотный, иногда наблюдается микрослоистость. Внутри стяжений среди основной массы коричнево-охристого вещества встречаются сгустки почти черного цвета.

В Балтийском море выделяются следующие морфотипы конкреций:

1. Сфероидальные размером до 5 см. И. М. Варенцов и А. И. Блажчишин [10] по размеру выделяют бобовые (более 1 см) и дробовидные (менее 1 см) разновидности. Внутри конкреции состоят из чередующихся темно-коричневых (обогащенных Mn) и светло-бурых (обогащенных Fe) слоев роста. Обычно они имеют небольшое ядро, состоящее из терригенных частиц, уплотненного ила и т. п., хотя довольно часто четкого ядра инородного происхождения нет. Сфероидальные конкреции являются главной морфологической формой конкреций Рижского залива, широко развиты в Финском и Ботническом заливах и почти не встречаются в Центральной Балтике.

2. Дискоидальные (монетовидные) конкреции представляют собой нарастания гидрооксидов Mn и Fe в форме горизонтально вытянутых концентрических слоев вокруг ядра — небольшого обломка породы или, изредка, сфероидальной конкреции. Верхняя сторона у них обычно выпуклая и мелкобугристая, нижняя — вогнутая и гладкая. Размер их достигает 15 см. Дисковидные конкреции широко распространены во всех районах Балтийского моря.

3. Обрастания гидрооксидами Fe и Mn гравийно-галечных обломков, которые наблюдаются на верхней части обломков, выступающих над границей раздела грунт—вода. Толщина гидрооксидного покрытия изменяется от долей миллиметра (пигментация) до 15 мм. В ряде случаев нарастание гидрооксидов Mn и Fe имеет характер относительно узких (до 5—7 мм) каемок, обрамлений либо вытянутых в горизонтальной плоскости концентрических образований. Каемочные образования располагаются непосредственно над границей раздела грунт—вода. Примечательно, что верхняя часть обломка, играющего роль ядра, так же свободна от покрытия гидрооксидов, как и нижняя, находящаяся в грунте.

4. Корковидные конкреции бывают нескольких разновидностей. В Финском заливе они представляют собой относительно уплощенные, неправильной формы, иногда округлые образования, размеры которых достигают 20—30 см, с мелкобугорчатой поверхностью и выраженными полосами, слоями роста относительно ядра. В Рижском заливе развиты корковидные срастания сфероидальных конкреций. В Центральной Балтике широко распространены плитчатые формы обычно железистого состава толщиной 5—50 мм на поверхности эродированных гляциальных глин. Верхняя поверхность их имеет кавернозно-ноздреватый характер. Нижняя поверхность корковидных образований в большинстве случаев представлена глинами субстрата. Средний размер их 10—17 см, иногда достигает 40 см. Кроме того, в Центральной Балтике развиты цементационные корки, представляющие собой неправильные образования, сложенные уплотненным измененным веществом, цементирующим гравийно-галечниковые обломки.

Морфология железо-марганцевых конкреций северных морей изучена в гораздо меньшей степени.

В Белом море выделяются следующие формы конкреционных образований [16]: 1) типичные концентрически-слоистые конкреции; 2) отложения на камнях в виде ободков, сходные с подобными образованиями из Балтийского моря; 3) конкреции в виде глинистых мягких лепешек; 4) конкреции в виде мелких шариков (очевидно, мелкие сфероидальные конкреции).

В Баренцевом море М. В. Кленова [25] выделила следующие типы конкреций: 1) конкреции неправильной формы, внутреннее ядро которых макроскопически незаметно; 2) образования, имеющие форму обломков камней с гладкой поверхностью, при раскалывании обнаруживающие той или иной толщины железистую корку, часто слоистую,

с внутренним светлоокрашенным ядром, представленным рассыпчатой светло-серой породой; 3) различные песчаники с глинистым, железистым, иногда гипсовым цементом, покрытые бурой коркой оксидов Fe, часто пропитывающих образец целиком; 4) типичные концентрически-слоистые плоские конкреции. Другие авторы отмечают такие морфотипы: 1) отложения на камнях, начиная от примазок и кончая крупными конкрециями размером до 12 см [42]; 2) ржаво-бурые налеты на мертвом ракушечнике (створки *Molinaris* и *Astrate*) в виде пятен на внутренней поверхности раковин или часто в виде сплошного слоя на внешней поверхности [9]; 3) ожелезненные стенки норок морских червей и других роющих организмов [24].

В Карском море главным морфологическим типом конкреций являются обрастания вокруг камней. Эти конкреции имеют вес до 300 г и размер до 14 см [32]. Кроме того, развиты блюдцеобразные конкреции диаметром до 15 см [25], конкреции по ходам червей, микроконкреции, конкреции по створкам раковин моллюсков [28].

В море Лаптевых конкреции представляют собой образования в виде твердых лепешек с грубой поверхностью ржаво-бурого цвета размером до 20 см. Они имеют скорлуповато-концентрическую структуру с ядром из галек и неокатанных обломков пород [27]. К северу от Новосибирских о-вов найдены многочисленные раковины *Astrate borealis*, полностью замещенные железистыми высокоокисленными отложениями [22]. В море Лаптевых также наблюдались трубчатые конкреции, явно связанные с ходами кольчатых червей. Аналогичные трубчатые конкреции встречены и в Восточно-Сибирском море [23].

В Охотском море по морфологическим признакам выделяются три типа железо-марганцевых образований [37]: 1) корки на оруденелых кремнистых губках толщиной до 2 мм, слоистые, внутри обычно более темные и плотные; 2) корки на донных отложениях толщиной до 2 мм; 3) корки на гальках и обломках пород толщиной до 5 мм.

В Японском море на подводных возвышенностях распространены следующие разновидности марганцевых образований: 1) породы, представляющие собой агрегаты мелких (от 2 до 30 мм) сросшихся округлых конкреций; 2) корки толщиной до 10—15 см, облекающие породы различного возраста; 3) породы неогенового и четвертичного возраста, пропитанные окислами Mn (до 50—60 % объема породы) [4].

Химический состав. Химический состав железо-марганцевых конкреций приводится в многочисленных публикациях по Черному [11, 14, 20, 36, 41, 44, 49, 58, 61], Балтийскому [6, 10, 60, 62, 59], Белому [17, 45, 57], Баренцеву [17, 41, 59], Карскому [18, 28, 45], Лаптевых [27], Чукотскому [23], Охотскому [37], Японскому [4, 19, 39] морям, которые с учетом наших материалов сведены в табл. 1 и 2. Данные по Ra взяты из работы [33]. Средние значения, приведенные в этих таблицах, как правило, получены путем расчета средних по всем имеющимся анализам. Отметим, что полученные значения обеспечены разным количеством материалов. Так, содержание Fe в черноморских конкрециях рассчитано по данным 116 анализов, тогда как по микроэлементам в конкрециях Карского моря имеется только один анализ. Данные по Мировому океану взяты из работы [31].

В описанной в работе [1] железистой корке со дна Каспийского моря (глубина 193 м) содержится 18 % Fe₂O₃, 40 CaCO₃ и 0,2 P [8]. В железистой корке с глубины 20 м Ra содержится 1,2·10⁻¹⁰ % [33].

По содержанию основных рудных компонентов (Fe+Mn) наиболее бедны конкреции Белого, Баренцева, Лаптевых и Охотского морей. По величине марганцевого модуля (Mn/Fe) конкреции морей СССР отличаются друг от друга. В Черном, Балтийском, Белом, Баренцевом, Лаптевых и Чукотском преобладает Fe (в море Лаптевых Fe в 50 раз больше, чем Mn), а в Карском, Охотском и Японском — Mn; причем в конкреционных образованиях Японского моря марганцевый модуль больше 10. Содержание P в конкрециях морей СССР (за исключением дальневосточных морей) составляет порядка 1 % (в 5 раз больше,

1. Химический состав (в %) железо-марганцевых конкреций морей СССР (макрокомпоненты)

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fe	24,53	19,97	12,88	18,22	11,60	19,77	26,75	9,8	0,49—2,4	11,55
Mn	6,48	12,4	7,94	7,21	18,13	0,40	5,49	15,85	36,2—50,4	16,02
P	0,98	0,94	0,69	0,84	1,16	—	1,02	0,14	0,08—0,13	0,22
Si	6,1	11,0	15,60	12,53	10,30	17,17	12,59	16,62	4,7—6,1	8,62
Al	1,43	2,0	2,34	3,36	1,87	6,68	2,19	4,78	0,6—1,2	2,82
Ca	5,7	1,35	1,98	1,38	1,55	1,00	2,47	1,68	0,24—0,6	2,47
Mg	1,27	0,83	1,51	1,14	1,07	2,95	0,64	2,73	0,05—0,14	1,82
K	0,20	1,36	0,73	1,11	1,02	1,33	1,23	1,17	0,8—1,5	0,64
Na	0,31	1,0	0,63	1,16	2,13	1,27	0,38	2,09	0,9—1,4	1,94
CO ₂	6,5	1,65	2,35	3,27	—	0,83	—	—	—	—
C _{орг}	0,66	1,25	0,24	1,48	—	0,12	0,94	—	—	—
S	0,16	0,08	0,20	—	0,02	0,13	—	—	—	—
Ti	0,08	0,22	0,29	0,29	0,22	0,28	0,20	0,42	0,06—0,73	0,65
Mn/Fe	0,26	0,62	0,62	0,40	1,56	0,02	0,21	1,62	—	1,03

Примечание. Море: 1—Черное, 2—Балтийское, 3—Белое, 4—Баренцево, 5—Карское, 6—Лаптевых, 7—Чукотское, 8—Охотское, 9—Японское, 10—Мировой океан.

2. Химический состав (в 10⁻⁴ %, Ra в 10⁻¹⁰ %) железо-марганцевых конкреций морей СССР (микроэлементы)

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8
Ni	241	288	58	214	62	56	600	4800
Co	87	120	110	187*	30	143	260	2840
Cu	37	52	21	33	15	7	250	2600
Zn	100	166	51	148	70	90	—	780
Mn	26	254	64	344*	37	—	—	412
Pb	19	36	8	—	11	—	200	900
Ba	1460	2500	—	525	—	435	—	2012
V	350	114	180	630	560	—	80	558
W	40	36	44	—	52	—	—	60
Ge	1,5	1,5	1	—	1	—	—	—
Ga	13	11	11	—	12	—	—	10
Cr	25	50	31	68	28	—	—	35
Zr	298	93	—	95	—	—	—	648
Hf	2	2,2	—	—	—	—	—	—
Sr	710	410	—	459	—	800	—	825
Rb	43	62	—	—	—	34	—	—
Cs	3,2	2,5	—	—	—	—	—	—
Cd	10	—	—	—	—	—	—	8
Sc	5,3	6	—	7	—	—	—	10
Tl	1,1	—	—	—	—	—	—	129
Nt	43	—	—	—	—	—	—	—
Ta	0,02	0,5	—	—	—	—	—	—
As	830	327	—	513	—	—	—	—
Sb	7	—	—	—	—	—	—	—
Se	1,1	—	—	—	—	—	—	—
Ir	0,002	—	—	—	—	—	—	0,01
U	12	—	—	—	—	—	—	—
Th	2,7	5,2	—	—	—	—	—	—
Ra	20	15,4	5,6	10,1	—	—	—	—

Примечание. Море: 1—Черное, 2—Балтийское, 3—Белое, 4—Баренцево, 5—Карское, 6—Чукотское, 7—Охотское, 8—Мировой океан. *—содержание в растворимой в HCl фракции.

чем в океанических). Многими исследователями [45, 62] отмечалась положительная корреляция P с Fe в мелководных железо-марганцевых конкрециях. Нами построен график зависимости содержания P в конкрециях от содержания Fe (подобный график для конкреций Балтий-

ского моря есть в работе [62]). Как видно из рис. 2, эта зависимость положительная, в особенности для черноморских конкреций. Что касается конкреций северных морей, то, хотя для них в целом P также положительно коррелирует с Fe , в конкрециях отдельных морей этой корреляции практически нет. Возможно, это связано с тем, что накопление P в северных железо-марганцевых конкрециях имеет свои специфические черты, а также с тем, что анализу были подвергнуты различные морфологические типы конкреций. В отношении других макрокомпонентов можно отметить повышенное содержание в железо-

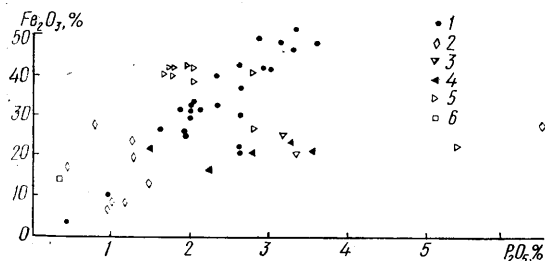


Рис. 2. Зависимость содержания P_2O_5 от содержания Fe_2O_3 в железо-марганцевых конкрециях морей СССР

Море: 1 — Черное, 2 — Белое, 3 — Баренцево, 4 — Карское, 5 — Чукотское, 6 — Охотское

марганцевых конкрециях Черного моря Ca и CO_2 и пониженное Si , Al и Ti . Это, очевидно, связано с тем, что в качестве ядра здесь в основном служат раковины моллюсков, а не терригенные частицы.

В железо-марганцевых корках Охотского моря и в конкрециях моря Лаптевых повышено содержание Si , Al , Mg и Ti что, видимо, обусловлено значительным содержанием в них терригенного материала.

Весьма специфичны железо-марганцевые корки Японского моря. В них содержится до 50 % Mn , а содержание всех прочих макрокомпонентов понижено. В работе [4] указывается, что металлы, не вошедшие в таблицы, содержатся в количествах, близких к кларковым.

По своему микроэлементному составу конкреции морей СССР значительно отличаются от океанических (табл. 2). Из региональных отличий можно отметить повышенное содержание Ni , Co , Cu , Pb в корках Охотского моря, которые по содержанию микроэлементов ближе к океаническим конкрециям. Железо-марганцевые конкреции северных морей бедны Ni , Cu , Zn , Pb , Ba , Sr и относительно богаты V и W . В конкрециях Балтийского моря повышено содержание Mo , Zn и Ba . По сравнению с океаническими, конкреции морей СССР, как правило, обогащены P , As , редко другими элементами и обеднены Ni , Co , Cu , Zn , Mo , Pb , Ti , Zr , Tl , Ig . Содержание прочих элементов в них находится примерно на одном уровне. По отношению к вмещающим осадкам железо-марганцевые конкреции морей СССР обычно обогащены не только Fe и Mn , но также P , As , Mo , Ni , Co , Ba , Sb , Sr , V , Zn и некоторыми другими элементами. Содержание же таких элементов, как Si , Al , Ca , Na , K , Ti , Zr , Cr , Th , Sc , Hf , Rb , Cs , Ga , Ge и других во вмещающих осадках, как правило, больше.

Минеральный состав. Как показали минералогические исследования железо-марганцевых конкреций морей СССР, рудное вещество в них в основном состоит из рентгеноаморфных, сильногидратированных оксидов Fe и Mn [30, 49, 53].

Из минералов Mn в конкрециях Балтийского моря присутствуют тодорокит и бернессит [10], Белого — тодорокит, бернессит, вернадит [57], Японского — тодорокит, бернессит и вернадит [53], Черного — тодорокит, бернессит, вернадит [56], манганит и, возможно, другие минералы [30]. Среди минералов Fe в конкрециях Балтийского моря выделены гетит, гидрогетит и акаганит [10], Черного — гетит и гидрогетит [30, 48]. Ф. В. Чухров и др. [47], использовавшие метод микродифракции электронов, установили в железо-марганцевых конкрециях из Балтийского, Белого и Карского морей ферроксигит (δ - $FeOOH$), который, как правило, образует тонкие смеси с глинистыми частицами. В конкрециях Карского [45] и Белого [57] морей присутствует гетит.

Среди терригенных минералов в конкрециях морей СССР встречены кварц, полевые шпаты, хлорит, глинистые минералы, слюды и др.

Особый интерес представляют найденные в железо-марганцевых конкрециях Балтийского [10, 54] и Черного [30, 55] морей смешанные марганцевые карбонаты. В Балтийском море последние содержатся в рудной части в количестве 1—7 % [10]. Состав карбонатов марганца из Рижского залива был определен как $(Mn_{40}Ca_{25}Mg_{35})CO_3$. Кроме того, в железо-марганцевых конкрециях Черного и Чукотского морей обнаружены микроскопические вкрапления сульфидов, представленных в Чукотском море пиритом, а в Черном — пиритом, халькопиритом и галенитом.

В целом же минеральный состав железо-марганцевых конкреций морей СССР изучен еще недостаточно, и дальнейшие исследования позволяют не только существенно дополнить характеристику конкреций, но и решить ряд важнейших вопросов их генезиса.

Условия накопления рудного вещества в бассейнах седиментации. Основным источником поступления рудного вещества в бассейны гумидной зоны является материковый сток [45]. Речные воды обогащены гуминовыми кислотами, извлекающими Fe и Mn из почв и изверженных пород и выносят их в водоемы в виде гуматов этих элементов [43]. В настоящее время получены новые интересные данные по субмаринным источникам поступления рудных компонентов в бассейны седиментации. Особенно велика их роль в поставке Fe и Mn в Черное море, в районы образования конкреций [52]. К сожалению, по другим морям Советского Союза этот источник как поставщик рудных компонентов в морские бассейны изучен крайне слабо либо совсем не изучался. Меньшее значение имеет поступление Fe и Mn в результате деятельности подводных вулканов и выветривания различных пород на дне моря.

При смешении слабокислых речных (и подземных) вод с более щелочными морскими Fe и Mn, выносимые в море в виде растворов, гидролизуются, образуя коллоидные гелевые сгустки и частично могут выпадать в той части приустьевых районов морей, где наиболее интенсивно протекают процессы смешения вод. Однако из-за очень малых размеров образующихся коллоидов основное осаждение их происходит в более глубоководных частях, удаленных от побережья, и подчиняется тем же законам механической дифференциации, что и взвешенные Fe и Mn. Кроме того, изменение температуры воды в устьях рек в сторону понижения (для южных морей особенно в летний период, для северных — зимой) замедляет скорость протекания химических процессов, а увеличение солености вод и наличие хорошо выраженного скачка плотности в указанные периоды ухудшает условия осаждения коллоидов в этих районах. Таким образом, соединения Fe и Mn в виде коллоидов и гелевых сгустков могут переноситься распространяющимся речным стоком на значительные расстояния.

В Каламитский залив Черного моря поступление растворенных Fe и Mn осуществляется реками Черная, Кача, Альма, Бельбек. В работе [30] указано, что значительное количество Mn и Fe поступает в районы конкрециеобразования из сероводородной зоны. Подчеркивается также важная роль выноса Fe и Mn в Каламитский залив водами сарматского водоносного горизонта [52].

В поступлении рудного вещества в Рижский и Финский заливы Балтийского моря особенно значительна роль Даугавы, рек Финляндии и Карельского перешейка. В Центральной Балтике существенное значение приобретает влияние атлантических вод, поступающих через датские проливы. В Белое море в районы развития железо-марганцевых конкреций рудное вещество поступает со стоком рек Северная Двина, Онега и др. В северной части Баренцева моря Fe и Mn накапливаются в результате выветривания обломков базальтов, развитых по побережью Земли Франца-Иосифа и сферосидеритов с побережья Шпицбергена [26].

В широко открытые океану моря советской Арктики (Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское) рудные компоненты также поступают с материковым стоком Евразийского континента, однако в силу конфигурации бассейнов (открытые шельфы океанов) и климатических особенностей региона (полярная зона гумидного литогенеза) наиболее интенсивно процессы осаждения Fe и Mn происходят на стыке шельфовых вод (смешанные, речные и морские арктические) с поднимающимися по материковому склону атлантическими [40]. Несколько иначе эти процессы происходят в Карском море, где атлантические воды проходят по глубоководным желобам вдоль Новой Земли, подходят ближе к побережью, непосредственно смешиваясь с богатыми Fe и Mn водами Оби и Енисея. В Чукотском море значительная роль в образовании железо-марганцевых осадков принадлежит тихоокеанским водам, поступающим через Берингов пролив [3].

При смешении распресненных вод, богатых Fe и Mn, с теплыми атлантическими или холодными, но богатыми кислородом (до 10 мг/л), тихоокеанскими водами ускоряются процессы окисления, и соединения Fe и Mn переходят в окислы высшего порядка, выпадающие в осадок. Кроме того, при смешении с теплыми атлантическими водами уменьшается парциальное давление углекислоты, в результате чего из воды осаждается карбонат двухвалентного железа. В сложных окислительно-восстановительных условиях верхней части осадочной толщи карбонаты Fe и Mn в конечном счете окисляются до гидроокисных форм. Изменение pH морской воды в сторону увеличения также способствует образованию в этих районах гидроокисных форм Fe и Mn.

В Охотском и Японском морях наряду с материковым стоком значительную роль играют эндогенные источники Fe и Mn: подводные вулканы, гидротермы и т. п.

Вывод

Железо-марганцевые конкреции распространены почти во всех морях СССР (кроме Берингового, Аральского и Азовского). Они встречаются на глубинах от 13 (Балтийское море) до 2900 м (Японское море), как правило, среди маломощных окисленных осадков в зоне замедленной седиментации. В северных морях намечено 10 полей конкреций.

По морфологическим признакам можно выделить следующие основные типы железо-марганцевых конкреций морей СССР: 1) сфероидальные; 2) дискоидальные; 3) отложения на камнях в виде ободков; 4) наросты на раковинах моллюсков; 5) конкреции-трубочки по ходам червей; 6) корки на породах дна моря (глинах, кремнистых губках, базальтах, и т. п.); 7) сросшиеся в корку сфероидальные конкреции. Изредка встречаются конкреции в виде глинистых мягких лепешек, конкреции неправильной формы, а также породы, пропитанные оксидами Mn и Fe.

По химическому составу железо-марганцевые конкреции морей СССР отличаются друг от друга, но (если не учитывать конкреции дальневосточных морей) эти отличия невелики. Содержание Ni, Co, Cu и других элементов в конкрециях морей СССР значительно меньше, чем в океанических, а P, As и других элементов выше.

В составе железо-марганцевых конкреций морей СССР установлены различные минералы оксидов и гидрооксидов Fe и Mn, смешанные марганцевые карбонаты, сульфиды, различные терригенные минералы.

В целом, как показали проведенные исследования, конкрециеобразующий рудный процесс в морях Советского Союза представляет большой интерес как с научной точки зрения, ибо он фиксирует и помогает раскрыть сложную геохимическую обстановку районов формирования железо-марганцевых конкреций, так и с практической — как один из критериев перспективности указанных акваторий на поиски рудных полезных ископаемых.

Distribution, morphology, chemical composition and mineralogy of ferromanganese concretions of the Black, Baltic, White, Barents, Kara, Laptev, East-Siberian, Chukotsk, Okhotsk, Japan and Caspian Seas are described on the basis of numerous data.

1. Батурин В. П., Копылова Е. К. Геологический очерк южной и средней части Каспийского моря // Современные осадки Каспийского моря.— М.: Изд-во АН СССР, 1956.— С. 272—302.
2. Белов Н. А., Куликов Н. Н., Лапина Н. Н., Семенов Ю. П. Распределение железа, марганца и карбонатов в осадках Северного Ледовитого океана // Тр. Аркт. и Антаркт. ин-та, 1968.— Т. 285.— С. 67—73.
3. Белов Н. А., Огородников В. И. Особенности современного осадкообразования и некоторые вопросы геохимии донных осадков шельфа Чукотского моря.— Вестн. ЛГУ. Сер. Геология и география.— 1976.— № 24.— С. 52—61.
4. Береснев И. И., Леликов Е. П., Остапенко Г. И. и др. Геологическое строение дна Японского моря. Интрузивные образования, тектоника, история геологического развития и полезные ископаемые.— Владивосток: ДВНЦ, 1984.— 53 с.— (Препр. / ДВНЦ АН СССР, Тихоокеан. океанолог. ин-т).
5. Блажчишин А. И., Емельянов Е. М. Основные черты геохимии Балтийского моря // Геохимические исследования и поиски полезных ископаемых в Белорусии и Прибалтике.— Минск: Наука и техника, 1977.— С. 60—156.
6. Блажчишин А. И., Штраус И. Д., Митропольский А. Ю. Микроэлементы в современных осадках Балтийского моря.— Киев, 1982.— 75 с.— (Препр. / АН УССР, Ин-т геол. наук; № 82—3).
7. Бродская Н. Г. Донные отложения и процессы осадкообразования в Аральском море.— М.: Изд-во АН СССР, 1952.— 106 с.— (Тр. ИГН АН СССР; Вып. 115).
8. Будянская М. Л. Миграция фосфора в донных отложениях Каспийского моря // Тр. Гос. океаногр. ин-та.— 1948.— Вып. 5 (17).— С. 57—88.
9. Буткевич В. С. Образование морских железо-марганцевых отложений и участвующие в нем микроорганизмы // Тр. Мор. н.-и. ин-та.— 1928.— Т. 3, вып. 3.— С. 5—82.
10. Варенцов И. М., Блажчишин А. И. Железо-марганцевые конкреции // Геология Балтийского моря.— Вильнюс: Мокслас.— 1976.— С. 307—348.
11. Волков И. И., Севастьянов В. Ф. Перераспределение химических элементов в диагенезе осадков Черного моря // Геохимия осадочных пород и руд.— М.: Наука, 1968.— С. 134—182.
12. Волков И. И., Соколова Е. Г. Геохимия селена в осадках Черного моря // Литология и полез. ископаемые.— 1976.— № 1.— С. 38—56.
13. Волков И. И., Штеренберг Л. Е. Основные типы железо-марганцевых руд в современных водоемах // Там же.— 1981.— № 5.— С. 4—26.
14. Воскресенская Н. Т., Цехоня Т. И. Таллий в железо-марганцевых конкрециях и осадках кислородной зоны Черного моря // Геохимия.— 1980.— № 9.— С. 1396—1402.
15. Геворкьян В. Х., Павлов А. В., Митин Л. И. и др. Подводные исследования Каламитского поля конкреций с помощью глубоководного аппарата // Докл. АН УССР. Сер. Б.— 1981.— № 1.— С. 6—9.
16. Гершанович Д. Е. Особенности современного глубоководного осадкообразования в северной половине Японского моря // Метеорология и гидрология.— 1951.— № 11.— С. 36—41.
17. Горшкова Т. И. Химико-минералогическое исследование Баренцева и Белого морей // Тр. Гос. океаногр. ин-та.— 1931.— Т. 1, вып. 2—3.— С. 83—123.
18. Горшкова Т. И. Осадки Карского моря // Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва.— 1957.— Т. 8.— С. 68—99.
19. Грамм-Осипов Л. М., Репечка М. А. Марганцевые корки на дне Японского моря // Океанология.— 1975.— Т. 15, вып. 4.— С. 672—674.
20. Димитров П. С., Стоянов А. С. Железо-марганцевые конкреции западной части шельфа Черного моря // Изучение геологической истории и процессов современного осадкообразования Черного и Балтийского морей.— Киев: Наук. думка, 1984.— Ч. 2.— С. 3—6.
21. Евланов Ю. Б., Коновалов Ю. И., Маркевич П. В., Свинников А. И. Новые данные о строении подводных вулканических гор в пределах котловин Японского моря // Геологическое строение дна Японского и Филиппинского морей.— Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979.— С. 114—119.
22. Ермолаев М. М. О литогенезе пластических глинистых морских осадков // Изв. АН СССР. Сер. геол.— 1948.— № 1.— С. 121—138.
23. Калинин В. В., Павлидис Ю. А. Железистые конкреции Чукотского моря // Проблемы геоморфологии, литологии и литодинамики шельфа.— М.: Наука, 1982.— С. 115—129.
24. Калинин В. В. Погребенные конкреции в отложениях арктических морей // Геология океанов и морей: Тез. докл. VI Всесоюз. шк. морской геологии.— М., 1984.— Т. 3.— С. 63—64.
25. Кленова М. В. Геология моря.— М.: Изд-во М-ва просвещения РСФСР, 1948.— 495 с.
26. Кленова М. В. Геология Баренцева моря.— М.: Изд-во АН СССР, 1960.— 367 с.
27. Кордилов А. А. Осадки моря Лаптевых.— Л., 1952.— 152 с.— (Тр. н.-и. ин-та геологии Арктики; Т. 40).

28. Кошелев Б. А. Железо-марганцевые конкреции Карского моря // Тр. Аркт. и Антаркт. ин-та.— 1984.— Т. 368.— С. 119—127.
29. Красовский К. С. Железо-марганцевые конкреции шельфа Черного моря // Изучение геологической истории и процессов современного осадкообразования Черного и Балтийского морей.— Киев : Наук. думка, 1984.— Ч. 1.— С. 140—146.
30. Красовский К. С. Железо-марганцевые конкреции Черного моря : Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук.— Одесса, 1984.— 16 с.
31. Кронен Д. Подводные минеральные месторождения.— М. : Мир, 1982.— 392 с.
32. Куликов Н. Н. Распределение основных химических компонентов в донных отложениях Карского моря // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва.— 1970.— Т. 102, вып. 3.— С. 220—233.
33. Курбатов Л. М. О радиоактивности железо-марганцевых пород и определение скоростей их образования радиоактивным методом // Тр. 17-й сессии Междунар. геол. конгр.— М. : Гос. н.-техн. изд-во нефт. и горно-топливной лит., 1940.— Т. 4.— С. 513—527.
34. Лицицын А. П. Процессы современного осадкообразования в Беринговом море.— М. : наука, 1966.— 574 с.
35. Македонов А. В. Современные конкреции в осадках и почвах.— М. : Наука, 1966.— 284 с.
36. Митропольский А. Ю., Безбородов А. А., Овсяный Е. И. Геохимия Черного моря.— Киев : Наук. думка, 1982.— 144 с.
37. Орлов А. А. Формы железо-марганцевых образований Охотского моря // Геологическое строение Охотского региона.— Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1982.— С. 101—106.
38. Пуганс Б. Д., Ульст В. Г., Эмсс В. Б. Железо-марганцевые конкреции в осадках Рижского залива // Литология, геохимия и полезные ископаемые Белоруссии и Прибалтики.— Минск : Наука и техника, 1968.— С. 249—255.
39. Пуцин И. К., Береснев И. И., Береснев Ю. И. и др. О находке железо-марганцевых конкреций в северо-западной части Японского моря // Тр. Тихоокеан. океанол. ин-та.— 1975.— Т. 7.— С. 94—95.
40. Русанов В. П., Огородников В. И. Условия накопления железа в современных шельфовых осадках арктических морей СССР // Осадочные породы и руды.— Киев : Наук. думка, 1978.— С. 20—23.
41. Самойлов Я. В., Титов А. Г. Железо-марганцевые желваки со дна Черного, Балтийского и Баренцева морей // Тр. геол. и минерал. музея Петра Великого Рос. Академии наук.— 1922.— Т. 3, вып. 2.— С. 25—112.
42. Самойлов Я. В., Горшкова Т. И. Осадки Баренцева и Карского морей // Тр. Плавучего мор. науч. ин-та.— Вып. 14.— С. 3—40.
43. Скопинцев Б. А. Формирование современного химического состава вод Черного моря.— Л. : Гидрометеозидат, 1975.— 336 с.
44. Собонович Э. В., Бондаренко Г. Н., Ковалюх Н. Н. Изотопно-геохимические особенности морских осадков.— Киев : Наук. думка, 1983.— 240 с.
45. Страхов Н. М., Штеренберг Л. Е., Калинин В. В., Тихомирова Е. С. Геохимия осадочного марганцеворудного процесса.— М. : Наука, 1968.— 496 с.
46. Хрусталева Ю. П., Резников С. А., Туровский Д. С. Литология и геохимия донных осадков Аральского моря.— Ростов : Изд-во Ростов. ун-та, 1977.— 160 с.
47. Чухров Ф. В., Зягин Б. Б., Горшков А. И. и др. Фероксигитная модификация FeOОН // Изв. АН СССР. Сер. геол.— 1976.— № 5.— С. 5—24.
48. Шнюков Е. Ф. Железо-марганцевые конкреции Черного моря // Геология шельфа УССР : Твердые полезные ископаемые.— Киев : Наук. думка, 1983.— С. 93—106.
49. Шнюков Е. Ф., Белодед Р. М., Цемко В. П. Полезные ископаемые Мирового океана.— Киев : Наук. думка, 1979.— 259 с.
50. Шнюков Е. Ф., Орловский Г. Н., Усенко В. П. и др. Геология Азовского моря.— Киев : Наук. думка, 1974.— 247 с.
51. Шнюков Е. Ф., Орловский Г. Н. Железо-марганцевые конкреции Индийского океана (северная и экваториальная часть).— Киев, 1979.— 60 с.— (Препр. / АН УССР, Ин-т геол. наук; № 79—23).
52. Шнюков Е. Ф., Цемко В. П. Черное море.— Киев : О-во «Знания» УССР, 1985.— 48 с.
53. Штеренберг Л. Е., Антипов М. П., Деркачев А. Н. Особенности конкреционного Fe—Mn рудообразования в современных морях // Литология и полез. ископаемые.— 1984.— № 1.— С. 62—77.
54. Штеренберг Л. Е., Горшкова Т. И., Нактинас Е. М. Карбонаты марганца в железо-марганцевых конкрециях Рижского залива // Там же.— 1968.— № 4.— С. 63—69.
55. Штеренберг Л. Е., Жигальцова З. Н., Калашникова Н. А. Карбонаты марганца в железо-марганцевых конкрециях Черного моря // Докл. АН СССР.— 1977.— Т. 234, № 4.— С. 911—914.
56. Штеренберг Л. Е., Горшков А. И., Дубинина Г. А. и др. Образование тодорокита и бернессита в Fe—Mn конкрециях Черного моря // Изв. АН СССР. Сер. геол.— 1985.— № 7.— С. 94—98.
57. Штеренберг Л. Е., Лаврушин Е. А., Голубев Ю. К. и др. Железо-марганцевые конкреции Горла Белого моря // Литология и полез. ископаемые.— 1985.— № 5.— С. 66—75.
58. Georgescu I., Lupan S. Contributions to the study of the ferromanganese concretions from the Black Sea // Rev. Roum. Geol., Geophys. et Geogr. Ser. Geol.— 1971.— Т. 15, N 2.— P. 157—163.

59. *Inгри J.* Geochemistry of ferromanganese concretions in the Barents Sea // *Marine Geology*.— 1985.— Vol. 67.— P. 101—119.
60. *Manheim F. T.* Manganese-iron accumulations in the shallow marine environments // *Marine Geochemistry. Univ. Rhode Island Occas. Publ.*— 1965.— N 3.— P. 217—276.
61. *Manheim F. T., Chan K. M.* Interstitial waters of the Black Sea sediments: new data and review // *The Black Sea—Geology, Chemistry and Biology*.— Tulsa, Okla., 1974.— P. 155—180.
62. *Winterhalter B.* Ferromanganese concretions in the Baltic Sea // *Geology and Geochemistry of Manganese*.— Budapest, 1980.— Vol. 3.— P. 227—254.

Ин-т геол. наук АН УССР,
Киев

Статья поступила
21.01.86

УДК [551.35+551.46]:57.003

Проблемы геологических исследований Мирового океана в свете Продовольственной программы

В. Х. Геворкьян, Ю. Г. Чугунный

Решение Продовольственной программы сопряжено с привлечением большого арсенала научных исследований, целью которых является разработка новых теоретических направлений в области естественных наук, способных обеспечить максимальную рентабельность народного хозяйства. В равной мере это относится и к практике морских рыбохозяйственных работ, существенную роль в которых играют геологические исследования. Значение последних возросло после введения приморскими государствами 200-мильной экономической зоны, вследствие чего рыбопромысловый флот оказался практически отрезанным от традиционных, наиболее продуктивных и широко известных районов промысла.

Возникла необходимость вовлечения в сферу народного хозяйства открытых просторов Мирового океана как источника биологических ресурсов и минерального сырья, освоение которого уже ведется или намечается в ближайшем будущем. Такая перестройка рыбопромысловых работ с мелководной зоны на глубоководную поставила перед рыбопоисковыми исследованиями задачу разработать принципиально новые методики поиска биологически продуктивных районов; в частности, это относится к геологам, занимающимся изучением морского дна.

Сложность решения поставленной проблемы заключается в том, что критерии поиска продуктивных зон в открытом океане методологически не идентичны тем, которые были выработаны для мелководных районов и базировались на учете каналов стока органического и минерального вещества в океан с континентов при условии, что основу производства первичной биологической продукции составляли процессы фотосинтеза. В условиях шельфа эти процессы охватывают значительную часть водной массы до глубины около 200 м и поверхность морского дна, что обеспечивало оптимальную стабильность биологической продуктивности районов промыслового лова. Их поиск осуществлялся по хорошо отработанной методике с учетом гидродинамики и гидрохимии водных масс, в частности насыщенности этих масс кислородом, фосфатами, нитратами, а также рельефа морского дна и состава донных осадков.

В открытом океане и на больших глубинах организация промысла потребовала разработки соответствующего теоретического обоснования для прогнозирования местоположения районов повышенной биологической продуктивности (РПБП) и установления надежных поисковых критериев. Напомним, что в практике рыбопромысловых работ известны случаи обнаружения в открытом океане локальных РПБП с гиган-