

## СЕДИМЕНТОЛОГИЯ

УДК [550.42:546.71] (265.53)

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СКОРОСТИ НАКОПЛЕНИЯ МАРГАНЦА В ДОННЫХ ОСАДКАХ ОХОТСКОГО МОРЯ

*А.С. Астахов\**, *С.А. Горбаренко\**, *Н.Г. Ващенко\**, *Ю.Г. Волохин\*\**

*\*Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, г. Владивосток*

*\*\*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток*

Изучалось содержание и скорости накопления марганца в восстановленных донных осадках Охотского моря. В большинстве изученных колонок отмечены фоновые содержания (0,03-0,07 %). Аномальные концентрации (до 2,5 %) и скорости накопления (до 60 мг/см<sup>2</sup> тыс. лет) выявлены в котловине Дерюгина вблизи района с известной гидротермальной баритовой минерализацией. На юго-восток от нее на батиметрической ступени погруженного шельфа с глубинами 1000-1600 м прослеживается зона интенсивного накопления марганца (более 10 мг/см<sup>2</sup> тыс. лет). Предполагается, что это связано с осаждением из обогащенных марганцем придонных вод в шлейфе разноса от котловины Дерюгина. Еще одна зона с высокими темпами накопления марганца в голоцене находится в Южно-Охотской котловине и примыкает к проливу Буссоль. В осадках второй изотопно-кислородной стадии скорости накопления марганца меньше, что объясняется особенностями палеоокеанологической ситуации.

**Ключевые слова:** марганец, геохимия, распределение, накопление, донные осадки, эндогенные флюиды, Охотское море.

#### ВВЕДЕНИЕ

Распределение марганца в поверхностном слое донных осадков Охотского моря ранее изучалось в пробах, отобранных на НИС "Витязь" в 1949-1953 гг. [8, 29, 34]. Выявлено несколько участков с очень высокими содержаниями: котловина Дерюгина (2-3 %), Южно-Охотская котловина (1-2 %), возвышенность Академии Наук (0,1-0,5 %). Особо выделяется котловина Дерюгина, где содержания марганца даже выше, чем в океанических осадках. В то же время, никаких специфических особенностей отложений, известных в районах современного экзогенного рудного марганценонакопления, таких как аномальные содержания органического вещества, повышенная карбонатность и содержание реакционноспособных форм железа [19], здесь не выявлено.

Особенности распределения марганца в тонкозернистых осадках котловин Охотского моря были объяснены концентрацией его в окисленном слое и различиями в темпах осадконакопления [8, 34]. На участках с большими содержаниями марганца в котловине Дерюгина мощность окисленного слоя превышает 5 см, достигая 10-18 см [8]. Обычно же она составляет 2-5 см, а на шельфе и материковом склоне

еще меньше или окисленные осадки отсутствуют вообще. При этом было отмечено очень низкое содержание кислорода в придонных водах котловины Дерюгина [8, 45], что не вполне согласуется с данными о мощности окисленного слоя. Магматизм и гидротермальная деятельность были определены как локальный второстепенный фактор обогащения осадков марганцем, железом и некоторыми микроэлементами в районе Курильских островов [34].

В последующие годы были установлены факты, позволяющие предположить, что эндогенные процессы играют значительно большую роль в формировании аномальных концентраций марганца в осадках Охотского моря. Установлена блоковая рифтогенная структура фундамента котловин Охотского моря, являющихся зонами современной деформации [14, 36]. В котловине Дерюгина выявлена гидротермальная баритовая минерализация [6, 42]. В северной части Южно-Охотской котловины выявлена четвертичная вулканическая деятельность и связанная с ней гидротермальная минерализация [44, 48]. Установлено обогащение марганцем осадков в некоторых горизонтах ниже окисленного слоя [5, 22] и достаточно интенсивное проявление железомар-

ганцевой минерализации в виде конкреций, корок на поверхности скальных пород и обломков, пропитки поверхности слабоконсолидированных пород и кремнистых губок [12, 23, 28, 39]. Основные находки приурочены к охотоморскому склону Курильской островной дуги, где они отнесены к гидротермальным образованиям [39]. В районе Курильских островов выявлены металлоносные осадки и предполагаются гидротермальные выходы [25, 38].

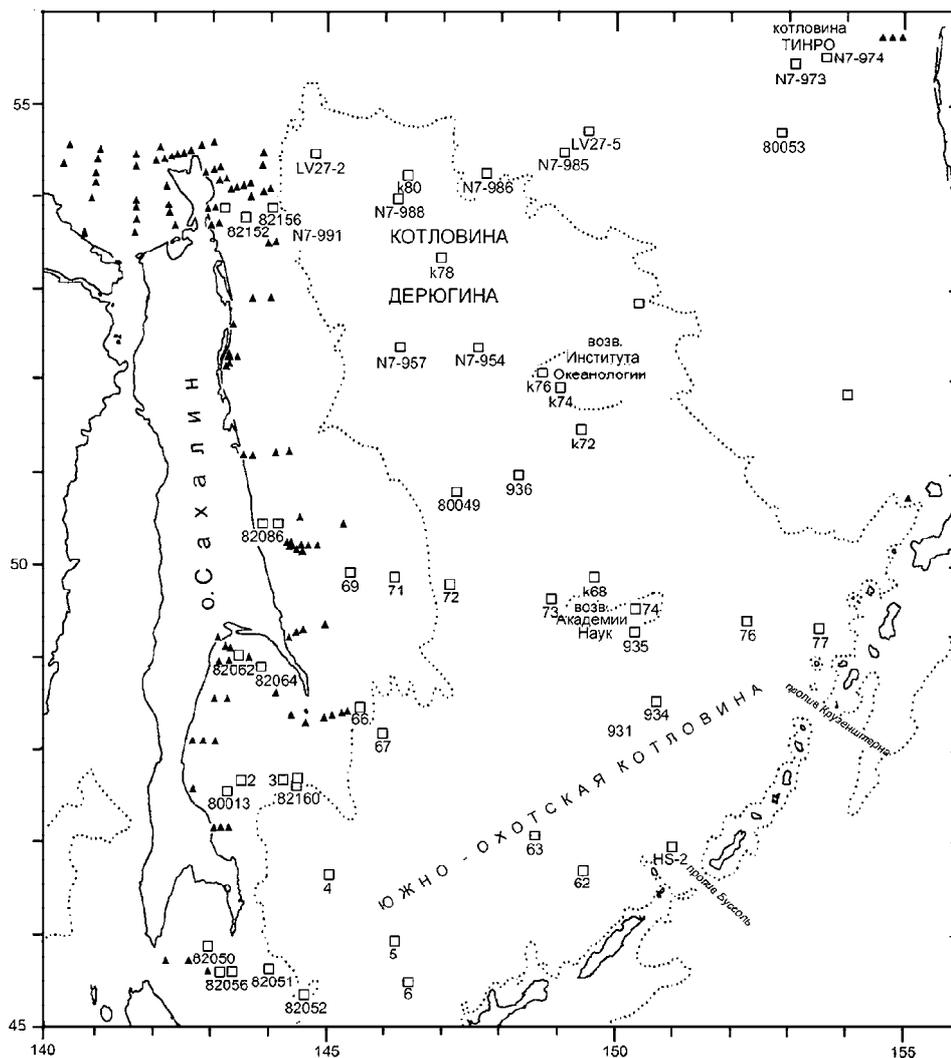
В данной работе выполнен анализ распределения марганца в восстановленных осадках Охотского моря для выявления источников и причин аномальных концентраций в отдельных районах. Для этого изучены латеральная и вертикальная изменчивость содержаний и скоростей накопления марганца в осадках голоценового и позднеплейстоценового возраста в сопоставлении с палеоокеанологическими условиями формирования этих отложений и нахождением известных и предполагаемых эндогенных источников. Теоретической основой для этого явились существующие представления о геохимии океани-

ческого и морского седиментогенеза и современного марганцеворудного процесса [10, 13, 19, 24, 25, 33, 43].

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В основу работы положены данные по распределению марганца в колонках осадков, отобранных гидростатическими и гравитационными трубками в экспедициях на научно-исследовательских судах Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН в период с 1980 по 1996 г. (рис. 1, табл. 1). Использовались также опубликованные данные Института морской геологии и геофизики ДВО РАН [20-22].

Большая часть используемых анализов осадков и гранулометрических фракций выполнена колориметрическим методом в Центральной лаборатории ПГО «Приморгеология» (аналитик В.Д.Цопова), лаборатории физико-химических методов исследований ТОИ ДВО РАН (аналитик И.Н. Якушева), лаборатории физико-химических методов ДВГИ ДВО РАН (аналитики Л.А. Авдеевина, С.П. Славки-



**Рис. 1.** Станции отбора донных осадков.

Точечная линия здесь и на рис. 3, 6-8 - изобата 1000 м. Прямоугольник - датированные колонки осадков с определением содержания марганца, треугольник - станции с определением содержания марганца в поверхностных осадках.

Таблица 1. Данные о колонках, использованных для расчета темпов накопления марганца.

Номера станций	Глубина моря, м	Координаты				Содержание Mn, %	
		Широта, сев.		Долгота, вост.		в верхнем слое восстановленных осадков	среднее по колонке
		Градусы	Минуты	Градусы	Минуты		
89211	140	58	35.00	145	28.20	0.05	0.041
89224	235	57	10.00	144	43.90	0.05	
LV27-2	1305	54	30.15	144	45.14	0.05	0.050
LV27-5	482	54	44.09	149	29.91	0.02	
HS-2	3300	46	58.40	150	58.20	0.07	0.128
931	3255	48	15.10	150	25.20	0.08	0.081
934	2190	48	32.50	150	40.90	0.08	0.068
935	1110	49	17.80	150	19.30	0.05	0.046
936	1310	51	0.90	148	18.80	0.31	0.312
k68	960	49	54.50	149	36.80	0.06	0.045
k72	1200	51	29.70	149	22.70	0.12	0.118
k74	1040	51	57.20	148	59.40	0.08	0.042
k76	1000	52	6.20	148	44.50	0.05	0.056
k78	1560	53	22.00	146	56.90	0.14	0.269
k80	1600	54	15.10	146	21.70	0.19	0.479
k105	1130	52	52.90	150	24.30	0.08	0.203
k106	560	51	54.00	154	0.00	0.05	0.071
N7-954	1300	52	23.00	147	35.50	0.40	0.310
N7-957	1467	52	23.00	146	14.00	0.08	0.060
N7-974	710	55	34.00	153	37.40	0.03	0.031
N7-985	870	54	30.00	149	05.00	0.05	0.043
N7-986	950	54	16.30	147	42.10	0.05	0.048
N7-988	1620	54	0.00	146	11.00	1.68	0.470
N7-991	1450	53	44.90	144	43.30	0.06	0.043
80013	98	47	33.80	143	15.20	0.02	
80049	1240	50	50.00	147	12.00	0.06	0.101
80053	425	54	44.00	152	52.30	0.05	0.038
82050	110	45	53.50	142	56.20	0.03	
82051	550	45	37.90	143	58.00	0.03	
82052	1050	45	21.40	144	34.80	0.03	
82055	125	45	37.00	143	20.30	0.03	
82056	112	45	37.20	143	7.70	0.03	
82062	26	49	2.50	143	29.20	0.02	0.024
82064	50	48	51.80	143	49.60	0.05	
82084	160	50	29.00	144	8.20	0.04	
82086	40	50	28.20	143	51.30	0.02	0.037
82098	50	53	53.40	143	8.70	0.07	0.031
82152	100	53	48.00	143	33.00	0.05	
82156	290	53	54.30	144	0.40	0.05	
82159	580	47	41.20	144	28.40	0.05	
82160	1070	47	37.50	144	27.00	0.04	
2*	85	47	41.00	143	30.50	0.04	0.040
3*	1940	47	41.50	144	13.00	0.05	0.046
4*	3250	46	39.50	145	2.00	0.01	0.056
5*	3280	45	56.00	146	10.00	0.01	0.070
6*	3340	45	29.00	146	26.00	0.07	0.067
62*	3600	46	42.00	149	26.00	0.07	0.093
63*	3470	47	6.00	148	35.00	0.06	0.077
66*	630	48	28.30	145	35.00	0.04	0.033
67*	1550	48	11.00	145	57.00	0.06	0.047
69*	320	49	57.20	145	22.00	0.04	0.037
70*	116	70	50.10	144	13.20	0.04	0.039
71*	675	49	53.00	146	10.00	0.04	0.033
72*	1340	49	48.70	147	7.30	0.04	0.051
73*	1020	49	40.00	148	52.00	0.04	0.047
74*	990	49	33.00	150	20.00	0.05	0.048
76*	1420	49	25.00	152	15.00	0.04	0.050
77*	1840	49	19.60	153	31.00	0.03	0.043

Примечание. \* данные по станциям взяты из [22].

на) и в лаборатории физико-химического анализа Института геохимии и физики минералов АН Украины (аналитики Л.В. Годунова, А.В. Ренкас). Часть проб анализировалась рентгенофлуоресцентным методом в лаборатории спектрохимических методов ДВГИ ДВО РАН (аналитики А.Г. Пятков и Н.С. Чумак) и в Центральной лаборатории ПГО «Приморгеология» (аналитики Е.В. Чулков и Л.Д. Смирнова). Часть определений выполнена атомно-абсорбционным методом в лаборатории токсикологии ТОИ ДВО РАН (аналитик Е.Н. Слинко).

Возраст осадков в колонках был определен изотопно-кислородным, радиоуглеродным или микропалеонтологическим методами [2, 15, 16]. Для некоторых колонок было применено расчленение методами тефростратиграфии и литостратиграфии на основе орбитальной теории [47] по магнитным свойствам, содержанию биогенных элементов, гранулометрическому составу и другим параметрам [2, 15, 16]. Для хроностратиграфии колонок использовались границы изотопно-кислородных стадий I, II, III, IV с возрастом нижней границы соответственно 12,5, 24, 59, 74 тыс. лет согласно стандартной изотопно-кислородной шкалы [47]. Эти же границы приняты для выделения литостратиграфических горизонтов [15]. Наиболее детально изучались осадки первого и второго литостратиграфических горизонтов. Осадки первого горизонта (0-12,5 тыс. лет), сформировавшиеся в относительно теплых климатических условиях при высоком положении уровня моря, в глубоководных районах, отличаются повышенным содержанием биогенных элементов и более тонким гранулометрическим составом по сравнению с осадками второго горизонта (12,5-24 тыс. лет) [15].

Физико-механические свойства осадков определялись по стандартной методике [1]. Фракции для пофракционного геохимического анализа выделялись в соответствии с ранее разработанной методикой [41]. Определение компонентного состава проб производилось путем изготовления и изучения микроскопических препаратов с полуколичественным определением основных осадкообразующих компонент (обломочная, глинистая, биогенные карбонатная и кремнистая, вулканогенная, аутигенная и др.).

Статистическая и графическая обработка результатов исследований проводилась в пакетах стандартных программ STATGRAPH, EXCEL, SURFER.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для оценки характера *распределения марганца в восстановленных осадках* выполнен анализ частоты встречаемости содержаний по всей анализировавшейся выборке (рис. 2). Она включает все типы осад-

ков Охотского моря за исключением песчаных отложений шельфа Камчатки и Курильских островов. На верхнем графике отчетливо выделяется основная группа проб, включающая около 80 % анализов из выборки 650 проб, с содержаниями марганца от 0,008 до 0,075 %. Они приняты в качестве фоновых. Пробы с повышенным содержанием (от 0,075 до 0,45%) составляют около 16 % всех анализов, и пробы с принятым аномальным содержанием (>0,45 %) - около 4 % от всей выборки. Эти три граничных значения хорошо фиксируются по характерным перегибам частотной кривой (рис. 2).

На карте содержаний марганца в восстановленных осадках (рис. 3) достаточно хорошо выделяются участки с повышенными и аномальными содержаниями. Последние характерны только для центральной части котловины Дерюгина в районе «Баритовых гор» с известной гидротермальной баритовой минерализацией [6, 42]. В то же время, они значительно ниже, чем выявленные для окисленных осадков (2-3 %) в этом районе [29]. Повышенные содержания марганца в осадках характерны для всей котловины Дерюгина, обширной зоны к югу и юго-востоку от нее и отдельных районов Южно-Охотской котловины.

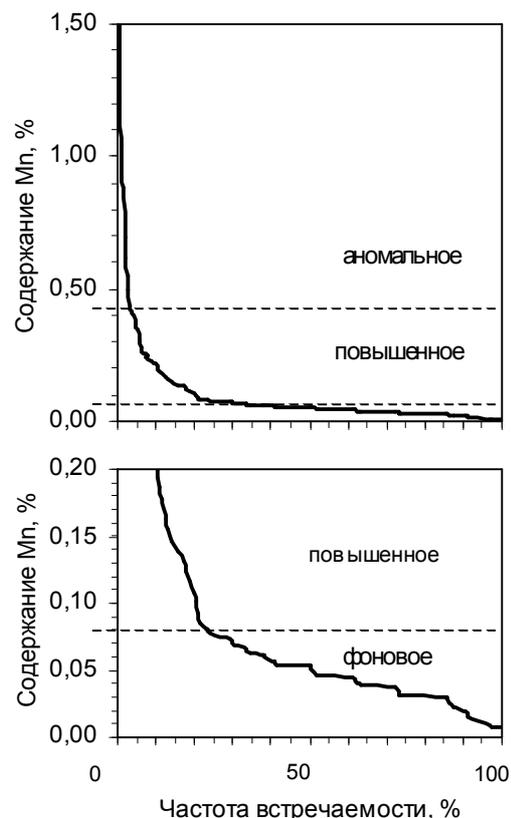
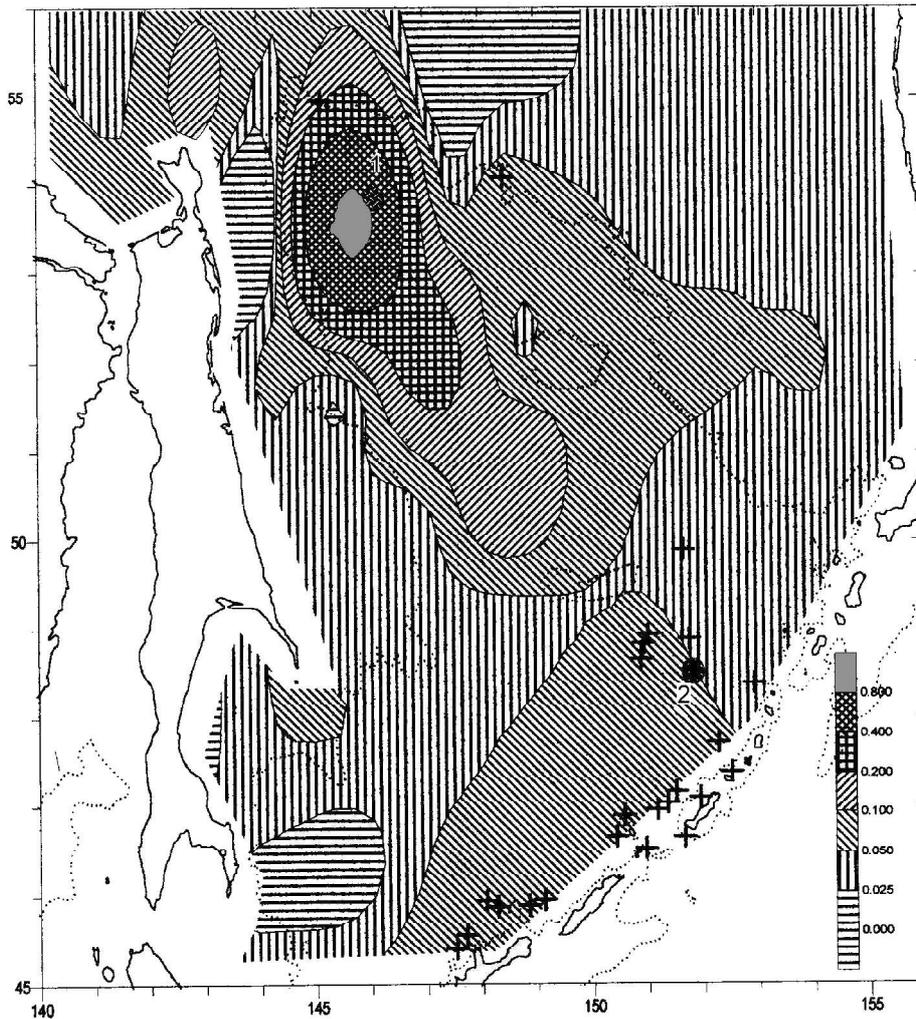


Рис. 2. Частота встречаемости содержаний марганца в восстановленных осадках Охотского моря.

Внизу - увеличенная нижняя часть верхнего графика.



**Рис. 3.** Содержание марганца (%) в восстановленных осадках первого литостратиграфического горизонта (0-12,5 тыс. лет).

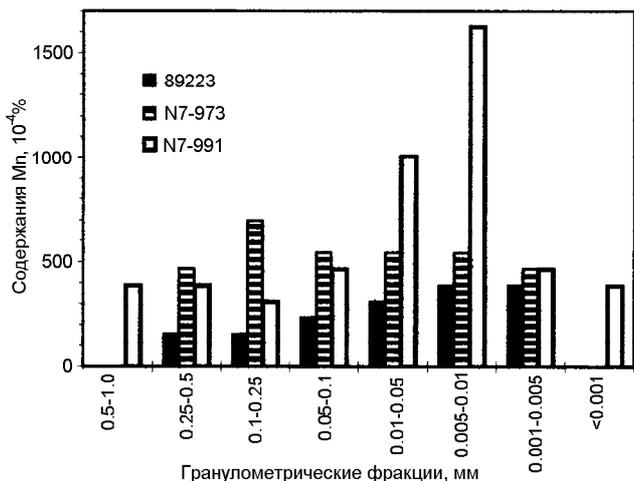
Крестик - места находок железомарганцевых конкреций и корок (по [11, 12, 23, 28, 39], в районе Курильских островов - обобщены); заштрихованный круг - районы предполагаемой гидротермальной деятельности (вне Курильской островной дуги): 1 - "Баритовые горы" [6, 42], 2 - четвертичный вулкан с гидротермально измененными базальтами [44, 48].

При более детальном анализе распределения содержаний среди проб с фоновыми концентрациями можно выделить несколько групп. Каждой из них отвечают пологие отрезки кривой (рис. 2), соответствующие различным районам и типам отложений. Так, например, минимальное содержание 0,008% определяется группой проб среднезернистых песков шельфа северо-восточного Сахалина. Пробы с содержанием 0,03 % составляют около 14 % выборки. Это самое распространенное среди анализировавшихся проб значение характерно для мелкозернистых песков шельфа Сахалина и терригенных алеврито-пелитовых осадков северного и сахалинского шельфов и центральной части моря. Содержание 0,039-0,040 % характерно для песков и миктитов северного шельфа, а также тонкозернистых слабоскремнистых осадков материкового склона Сахалина. Содержания 0,046 и 0,054 % типичны для большой группы проб, включающей терригенные тонкозернистые осадки центральной части моря и материкового склона Сахалина. Содержание 0,077 характерно для

тонкозернистых осадков восточной части моря и отдельных прослоев пирокластики.

Можно предполагать, что основная часть марганца в пробах с фоновым содержанием находится в терригенных компонентах осадков - обломочных и глинистых. Особенности распределения его в этих осадках достаточно хорошо были проанализированы ранее [8]. В пробах с повышенным и аномальным содержанием преобладающая часть марганца находится в составе аутигенных раннедиагенетических новообразований. Если в окисленных осадках это тонкодисперсные гидроксиды железа и марганца и железомарганцевые микроконкреции, то в восстановленных предполагаются иные компоненты-концентраторы. О характере их можно судить по данным пофракционного распределения марганца в трех пробах из северной части Охотского моря (рис. 4).

*Пофракционное распределение* марганца имеет два вида: с максимумом в алевритовых и крупнопелитовой фракциях и с близким к равномерному распределению. Пофракционное распределение марганца



**Рис. 4.** Содержание марганца в гранулометрических фракциях осадков котловины Дерюгина (N7-991), северного шельфа (89223) и котловины Тинро (N7-973).

ца в пробах 89223 и N7-973 демонстрирует различное соотношение обломочной и глинистой составляющих осадков. Обычно в глинистых (пелитовых) фракциях содержание марганца больше, чем в обломочных (песчано-алевритовых), из-за концентрации в них компонент, способных осаждать марганец из морских или иловых вод: глинистые минералы, гидроксиды железа, органическое вещество. Такое распределение характерно для пробы 89223. В пробе N7-973 песчано-алевритовые фракции сложены материалом ледового разноса, поступающим с Курильских островов и Камчатки. Он обогащен обломками средних и основных магматических пород и мономинеральными зернами, образующимися при их разрушении [30]. Обычно они отличаются значительно большим содержанием марганца, чем аркозовый терригенный материал, поступающий из континентальных районов. Так, например, в обломках средних и основных магматических пород Курильской дуги среднее содержание марганца составляет 0,14-0,18 % [35]. Еще больше оно в минералах этих пород: пироксенах (0,21-0,22% [46]) и магнетитах (0,17-0,46 % [40]). Поэтому песчано-алевритовые фракции пробы N7-973 более обогащены марганцем, чем пелитовые, а также песчано-алевритовые фракции пробы 89223.

Повышенные содержания марганца характерны для мелкоалевритовой и крупнопелитовой фракций голоценовых осадков колонки N7-991 (рис.4). Она отобрана в западной части котловины Дерюгина, где общее содержание в осадках (0,06 %) может быть отнесено к фоновому для Охотского моря. В данном же районе песчано-алевритовый материал отличается очень низким содержанием марганца и фоновые содержания будут значительно ниже. В ка-

честве таковых могут быть приняты содержания во фракциях пробы 89223 (рис. 4). В этом случае повышенные содержания характерны не только для отмеченных фракций, но и для всех более крупных. В крупноалевритовой и песчаных фракциях “избыточный” (превышающий фоновое содержание) марганец составляет около 50 % общего содержания. Во фракции же 0,005-0,01 мм он составляет почти 80 %. Для дальнейших построений, исходя из среднего содержания марганца в изучавшейся выборке (рис. 2, 3) и фракциях (рис. 4), в качестве фонового было принято содержание 0,04 %. Несомненно, что для осадков западной части моря оно будет несколько завышено, а восточной - занижено. Для центральной же части моря, наиболее интересной для нас, можно предполагать, что оно близко истинному фоновому значению.

*Распределение марганца в колонках донных осадков* представлено в таблицах 1, 2 и на рисунке 5. Почти все эти данные касаются восстановленных осадков, так как окисленный слой, из-за малой мощности, почти нигде не изучался. Только в колонке 936, где было произведено более детальное опробование, фиксируется увеличение содержаний марганца в окисленном слое (рис. 5).

В зависимости от содержаний и характера распределения марганца выделяются три типа колонок: с фоновым, повышенным равномерным и с аномальным неравномерным содержанием. Большинство колонок, в том числе почти во всей южной части моря [22], имеет фоновое распределение. Они отличаются очень малой изменчивостью содержаний по вертикали, в пределах 0,03-0,07 % (рис. 5). Видимые вариации в каждом конкретном случае могут быть обоснованы изменением вещественного состава осадков. В основании колонки k68 повышенные содержания в двух пробах обусловлены прослоями вулканического пепла [4]. В колонке 89211 вариации связаны с различным содержанием песчано-алевритового материала. Обогащенные им интервалы имеют меньшее содержание марганца. Эта же причина определяет и уменьшение содержаний в нижней половине колонки LV27-2.

В колонках с аномальным содержанием марганца, отобранных вблизи известных флюидных источников “Баритовых гор” (N7-988, k80), содержания марганца в отдельных интервалах превышают один-два процента. При этом они резко варьируют до почти фоновых. В колонке N7-988, самой близкой к известным проявлениям баритовой минерализации в котловине Дерюгина [6, 42], марганец обогащает верхние горизонты осадков, относящиеся к первой и второй изотопно-кислородным стадиям. Этот же интервал обогащен и тонкозернистым обломочным баритом, предположительно переотложенным из гид-

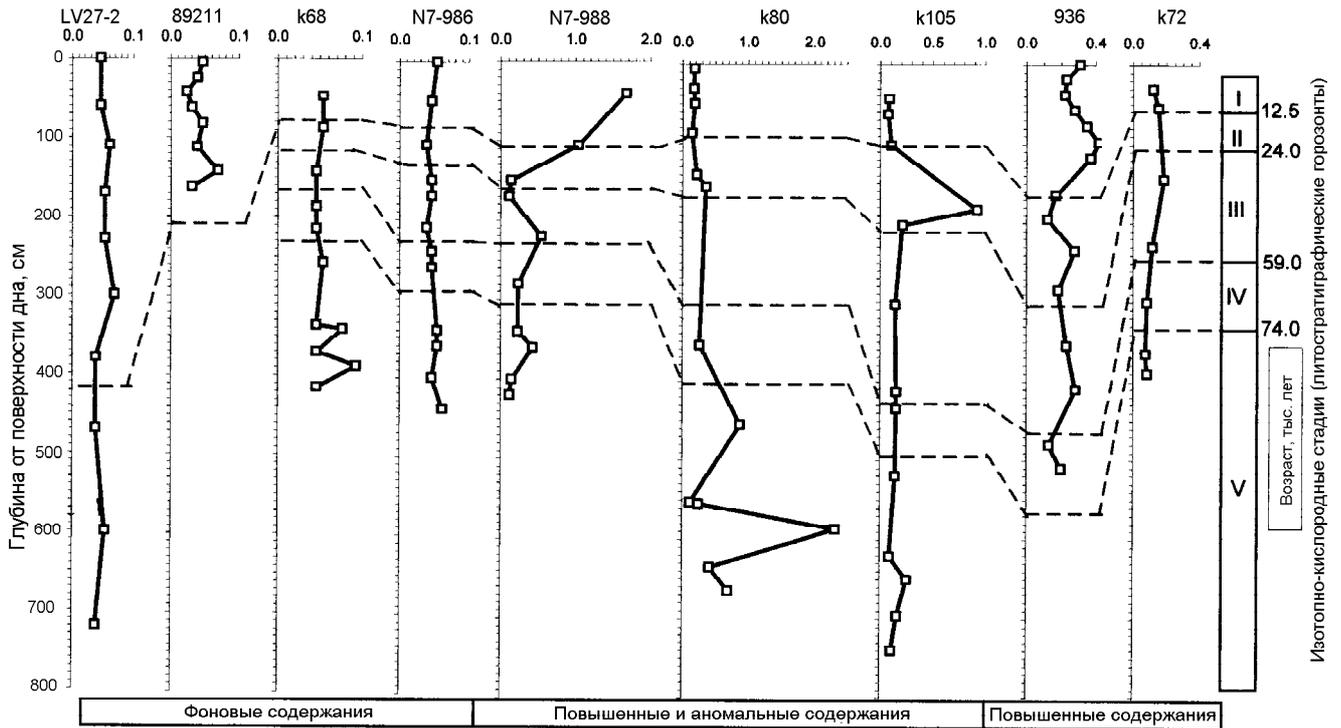


Рис. 5. Содержание марганца (%) и стратиграфическое расчленение колонок донных осадков (границы изотопных стадий соответствуют границам литостратиграфических горизонтов).

ротермальных построек [11]. Ниже по разрезу встречены еще два прослоя, обогащенных марганцем. В колонке k80, расположенной несколько севернее, осадки этого возраста имеют равномерное, хотя и повышенное относительно фонового содержание марганца. Очень высокое содержание его отмечено в осадках, соответствующих пятой изотопно-кислородной стадии. Этот же максимум характерен и для колонки k78. В колонке N7-988 осадки этого возраста не вскрыты. В колонке k105 (рис. 5) при повышенных в несколько раз относительно фоновых содержаниях также имеются аномальные концентрации.

В колонках с повышенным содержанием отмечается превышение концентраций в несколько раз относительно фоновых, хотя распределение марганца характеризуется относительно малой изменчивостью по разрезу. Наблюдается некоторая синхронность изменения содержаний в наиболее типичной для этой группы колонке k72 (рис. 5) и в колонке N7-988. В других колонках содержания могут значительно варьировать, но так же хорошо прослеживается увеличение содержаний в осадках первого или второго литостратиграфических горизонтов.

Скорости накопления марганца были рассчитаны для осадков первого и второго литостратиграфических горизонтов по колонкам с имеющимся возрастным расчленением (табл. 2). При этом учитывался

только “избыточный” марганец, для чего вычиталось принятое фоновое содержание 0,04 %. На карте скоростей накопления “избыточного” марганца для первой стадии (рис. 6) более отчетливо, чем по содержаниям, прослеживается зона интенсивного накопления марганца в котловине Дерюгина и к юго-востоку от нее. Еще одна зона с высокими темпами накопления марганца в голоцене находится в Южно-Охотской котловине и примыкает к проливу Буссоль.

В осадках второй изотопно-кислородной стадии большие содержания (рис. 7) и скорости накопления (рис. 8) “избыточного” марганца узко локализованы. Помимо котловины Дерюгина они отмечены в отдельных точках к востоку и юго-востоку от нее.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные по распределению марганца в восстановленных осадках Охотского моря позволяют предполагать различные источники его поступления и способы накопления. По аналогии с океаническими районами можно предполагать, что повышенные и аномальные содержания и темпы накопления марганца в котловине Дерюгина и в некоторых районах к юго-востоку определяются эндогенной поставкой его, хотя преобладающей формой накопления является гидрогенная. Не исключено, что эндогенные флюиды вне зависимости от их проис-

Таблица 2. Расчет скоростей накопления марганца за периоды, соответствующие первой (I) и второй (II) изотопно-кислородным стадиям (возраст 0-12,5 и 12.5-24 тыс. лет).

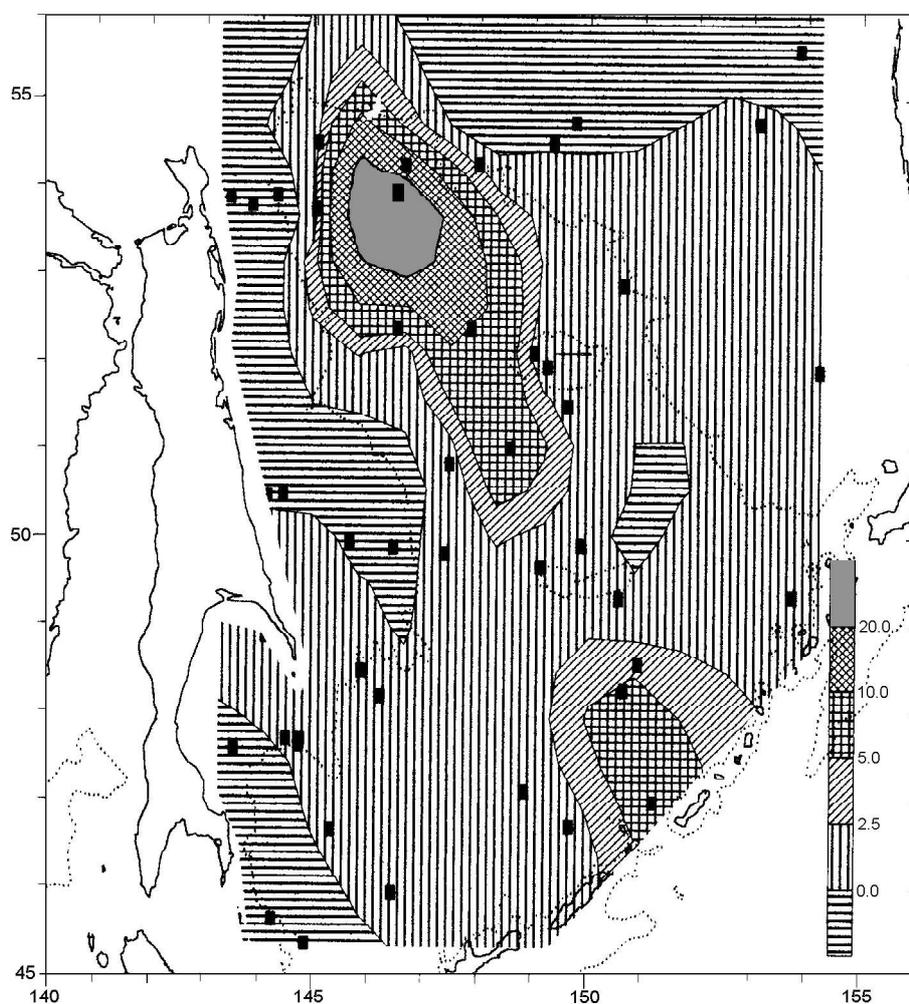
Номера станций	Положение нижней границы горизонта (см)		Плотность минерального скелета, г/см <sup>3</sup>		Скорость осадконакопления				Среднее содержание Mn, %		Скорость накопления "избыточного" Mn, мг/см <sup>2</sup> тыс. лет		Примечания (способ определения возраста***, сссылка)
					см/тыс.лет		г/см <sup>2</sup> тыс.лет				I	II	
	I	II	I	II	I	II	I	II					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
89211	185	>195	0.70	1.08	17.5		12.3		0.041		0.1		р, и, п, м, л
89224	40	>47	0.86		3.2		2.8		0.046		0.2		л, м
LV27-2	410	>738	0.38	0.65	32.8	>28.5	12.5	>18.5	0.053	0.044	1.6	>0.7	м, л [48]
LV27-5	55	180	0.48	1.02	4.4	10.9	2.1	11.1	0.023		-0.3		м, л [48]
HS-2	>60		0.43		>4.8		7.5**		0.128		6.6		м, л
931	530	>570	0.54	0.55	42.5		23.0		0.081		9.4		м, и, л, р [15]
934	400	>510	0.35	0.54	32.0		11.2		0.068		3.1		р, и, м, л [15]
935	30	290?	0.74	0.67	2.4	22.6	1.8	15.1	0.046		0.1		м, л [11]
936	160	300	0.33	0.38	12.8	12.2	4.2	4.6	0.312	0.190	11.5	6.9	р, и, м, л [15]
k68	60	118	0.42	0.88	4.8	5.0	2.0	4.4	0.045	0.037	0.1	-0.1	р, и, м, л, п [16]
k72	45	97	0.32	0.72	3.6	4.5	1.2	3.3	0.124	0.155	1.0	3.7	р, и, м, л, п [16]
k74	40	140	0.40	0.79	3.2	8.7	1.3	6.9	0.046	0.034	0.1	-0.4	р, и, м, л, п [16]
k76	21	77	0.98	1.16	1.7	4.9	1.6	5.6	0.054	0.077	0.2	2.1	м, л
k78	2	30	0.53*	0.64	0.2	2.4	0.1	1.6		0.139		1.5	м, л
k80	80	160	0.53*	0.71*	6.4	7.0	3.4	5.0	0.186	0.240	4.9	9.9	р, и, м, л, п [16]
k105	90	205	0.34	0.61	7.2	10.0	2.4	6.1	0.081	0.416	1.0	22.9	р, и, м, л, п [16]
k106	90	180	0.63*	0.71*	7.2	7.8	4.5	5.5	0.054	0.077	0.6	2.1	р, и, м, л, п [16]
N7-954	90	220	0.53*	0.63*	7.2	11.3	3.8	7.1	0.400	0.200	13.7	11.4	м, л, п [2]
N7-957	100	320	0.53	0.71	8.0	19.1	4.2	13.6	0.063	0.058	1.0	2.4	м, л, п [2]
N7-974	>300		0.63*		>24		>15.1		0.031		<-1.4		м, л, п [2]
N7-985	60	160	0.53*	0.71*	4.8	8.7	2.5	6.2	0.040	0.043	0	0.2	м, л, п [2]
N7-986	70	120	0.53*	0.56*	5.6	4.3	3.0	2.4	0.050	0.039	0.3	-0.0	м, л, п [2]
N7-988	90	140	0.53*	0.71*	7.2	4.4	3.8	3.1	1.681	1.038	62.6	53.5	м, л, п [2]
N7-991	250	>350	0.53*	0.56*	20.0	>8.7	10.6	>4.9	0.053	0.035	1.4	<-0.2	м, л, п [2]
80013	>290		0.89*		89.3		79.4		0.015		-19.9		р [2]
80049	140	290	0.53*	0.56*	11.2	13.0	5.9	7.3	0.045	0.041	0.1	0.1	м, л [2]
80053	150	240	0.63*	0.71*	13.0	7.8	8.2	5.5	0.062	0.128	0.2	0.5	м, л, п [2, 9]
82050	>95		0.82		33.3		27.3		0.031		-2.5		п, м [37]
82051	>320		0.56		36.2		20.3		0.031		-1.8		п, м [37]
82052	>227		0.56		52.0		29.1		0.031		-2.6		п, м [37]
82055	>250		0.77		36.0		27.7		0.031		-2.5		п, м [37]
82056	>210		0.87		58.0		50.4		0.031		-4.5		п, м [37]
82062	>140		0.75*		28.6		16.5		0.024		2.6		р [2]
82064	>280		0.89*		14.6		13.0		0.046		0.8		п, м [37]
82084	>264		0.89*		>21.1		>18.8		0.039		<-0.2		п, м [37]
82086	>140		0.63*		>11.2		20**		0.037		-0.2		м, л
82098	39		1.25*		70.1		87.6		0.031		-7.9		р [2]
82152	47	>75	1.16*	1.25	6.3		7.3		0.050		0.7		п, м [37]
82156	20		1.27		1.6		2.0		0.046		0.1		м, л
82159	140	>340	0.66	0.67	11.2		7.4		0.054		1.0		п, м [37]
82160	250	>337	0.53	0.57	20.0		10.6		0.039		-0.1		п, м [37]
3	90		0.53*		7.2		3.8		0.046		0.2		м, л [22, 32]
4	195		0.53*		15.6		8.3		0.056		1.3		м, л [22, 32]
5	80		0.53*		6.4		3.4		0.070		1.0		м, л [22, 32]
62	30		0.53*		2.4		1.3		0.093		0.7		м, л [22, 32]
63	20		0.53*		1.6		0.8		0.077		0.3		м, л [22, 32]
66	2		0.63*		0.2		0.1		0.033		-0.0		м, л [22, 32]
67	36		0.63*		2.9		1.8		0.047		0.1		м, л [22, 32]
69	85		0.63*		6.8		4.3		0.037		-0.1		м, м [22, 32]
70	>197		0.71*		>15.8		>11.2		0.039		<-0.1		м, л [22, 32]
71	40		0.53*		3.2		1.7		0.033		-0.1		м, л [22, 32]
72	45		0.53*		3.6		1.9		0.051		0.2		м, л [22, 32]
73	55		0.53*		4.4		2.3		0.047		0.2		м, л [22, 32]
77	>175		0.53*		>14.0		7.5**		0.043		0.2		м, л [22, 32]

хождения только создают специфические гидрохимические условия, в которых марганец морских вод переходит в осадок.

Содержания и скорости накопления марганца в котловине Дерюгина и к юго-востоку от нее сопоставимы со скоростями накопления валового марганца на Восточно-Тихоокеанском поднятии [43], типичном районе гидротермальной активности. Кроме того, так же как на Восточно-Тихоокеанском поднятии, осадки котловины Дерюгина обогащены железом [31], медью и никелем [34]. Аргументами в пользу гидротермального привноса являются и особенности пофракционного распределения марганца, отмеченные выше для осадков котловины Дерюгина. Подобное распределение с максимумом содержания марганца в алевритовых фракциях характерно для многих районов с эндогенной активностью [3, 17, 18].

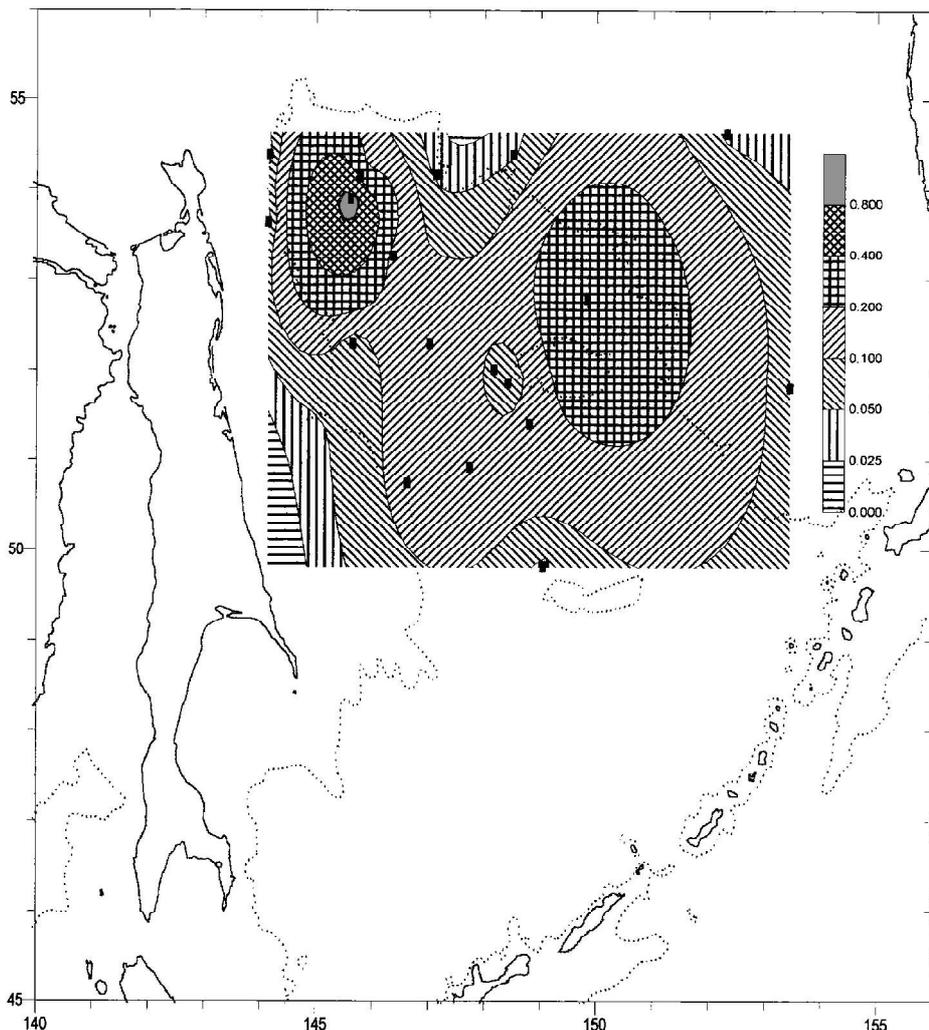
Так, в осадках Восточно-Тихоокеанского поднятия вблизи известных гидротермальных выходов марганец сконцентрирован в алевритовых фракциях, а при удалении от них - в пелитовых [18].

Повышенные содержания марганца в алевритовых фракциях обычно объясняются формированием в окислительных условиях железомарганцевых микроконкреций, имеющих подобные размеры. В восстановленных осадках Японского моря концентраторами марганца также предполагаются микроконкреции, сохранившиеся в условиях быстрого осадконакопления. Содержание марганца в них достигает 23 % [17]. Для восстановленных осадков котловины Дерюгина более вероятной причиной концентрации марганца в мелкоалевритовой и крупнопелитовой фракциях, на взгляд авторов, является вхождение его в формирующиеся раннедиагенетичес-



**Рис. 6.** Скорости накопления (мг/см<sup>2</sup>тыс. лет) “избыточного” марганца в осадках первого литостратиграфического горизонта (0-12,5 тыс. лет).

Примечание к табл. 2. \*среднее значение для данного типа осадков [1], \*\*средняя скорость осадконакопления для данного района [1], \*\*\*р - радиоуглеродный; и - изотопно-кислородный; м - палеомагнитный; п - микропалеонтологический; л - литостратиграфический.



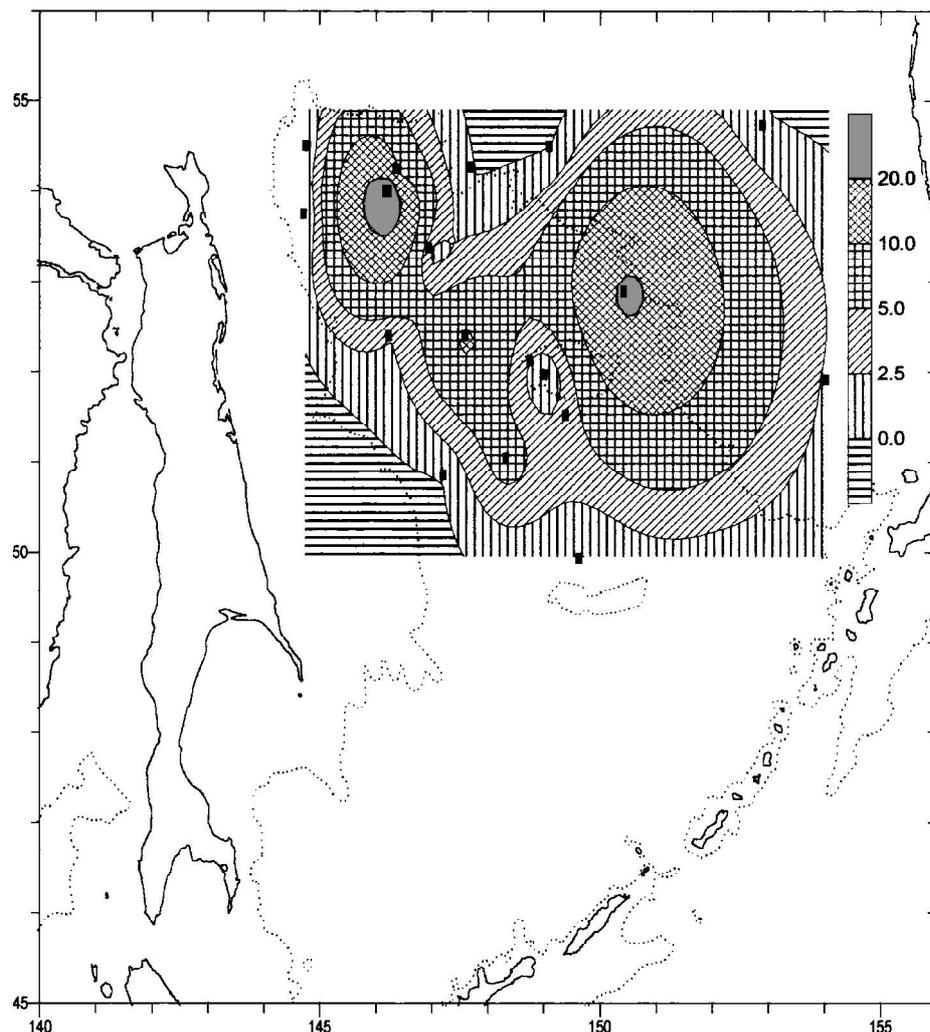
**Рис. 7.** Содержание марганца (%) в осадках второго литостратиграфического горизонта (12,5 - 24 тыс. лет).

кие микроконкреции сульфидов железа. При изучении микроскопических препаратов выявлено, что они образуются внутри раковин или скелетов фораминифер, диатомей, радиолярий за счет замещения органики или ранее образовавшихся в окислительных условиях гидроксидов железа и других раннедиагенетических новообразований. Если эти новообразования были существенно обогащены марганцем, как это имеет место вблизи эндогенных источников, формирующиеся сульфиды могут также содержать большое количество марганца.

Если допустить, что интенсивное накопление “избыточного” марганца в осадках центральной части Охотского моря связано с гидротермальной деятельностью, можно предполагать наличие активной неотектонической структуры, или нескольких структур, протягивающихся от проливов Буссоль-Крузенштерна к котловине Дерюгина. В этой зоне известны проявления гидротермальной деятельности: гидротермальные железомарганцевые корки и конкреции

на склоне Курильских островов [39], гидротермальное изменение четвертичных базальтов на вулканической горе в Южно-Охотской котловине [44], баритовая минерализация в центральной части котловины Дерюгина [6, 42]. В котловине Дерюгина Г.С. Гнибиденко [14] выделял современную рифтовую структуру с возможным позднекайнозойским вулканизмом в восточной части, а В.В. Харахинов [36] относит ее к областям наибольшего разуплотнения литосферы и рифтогенной деструкции с минимальной мощностью консолидированной земной коры.

Таким образом, по крайней мере на двух участках выявленной зоны с интенсивным накоплением марганца, геологические данные позволяют предполагать влияние магматизма или гидротермальной деятельности на формирование специфических геохимических условий, подобных существующим в океанических районах. Причины высоких концентраций и скоростей накопления марганца на погру-



**Рис. 8.** Скорости накопления ( $\text{мг}/\text{см}^2 \cdot \text{тыс. лет}$ ) “избыточного” марганца в осадках второго литостратиграфического горизонта (12,5 - 24 тыс. лет).

женном шельфе между котловиной Дерюгина и возвышенностью Академии наук неясны, так как здесь отсутствуют геологические признаки эндогенной активности. Возможно это определяется малой изученностью, так как по степени диагенетических изменений [27] и скоростям накопления марганца в период 12,5-24 тыс. лет назад (рис. 8) можно предполагать наличие здесь каких-то флюидных выходов.

Возможной причиной высоких скоростей накопления марганца в зоне между котловиной Дерюгина и Возвышенностью Академии Наук представляется влияние эндогенных источников котловины Дерюгина. Они действуют внутри придонной водной массы, которая отделена от промежуточной охотоморской плотностным барьером на глубине 900-1100 м (рис. 9). Выше его происходит интенсивное вертикальное перемешивание в результате зимней плотностной конвекции [26, 45, 49]. Придонная же тихоокеанская водная масса достаточно устойчива, и внутри нее существует циклонический перенос [49].

Придонный водный шлейф со специфическими геохимическими характеристиками, таким образом, может распространяться от эндогенных источников в котловине Дерюгина в южном направлении и определять высокие темпы накопления марганца. Необходимо отметить, что область с повышенными содержаниями и скоростями накопления марганца, а также проявлениями железомарганцевой минерализации достаточно хорошо оконтуривается изобатой 1000 м (рис. 3).

При более низком положении уровня моря в период оледенения зимнее конвективное перемешивание охватывало всю водную толщу, по крайней мере до глубин 1400 м [7]. В результате большинство эндогенных источников в котловине Дерюгина были выше нижней границы промежуточной водной массы и не формировали устойчивых водных плюмов. Другие источники могли находиться и ниже данной плотностной границы, но разнос от них ограничивался локальными котловинами. В этом случае, судя

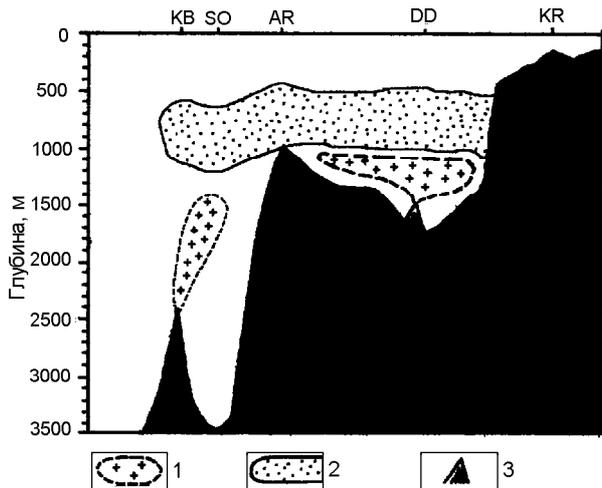


Рис. 9. Схема миграции вод, обогащенных марганцем от эндогенных источников, в Охотском море на примере профиля от пролива Буссоль до банки Кашеварова.

Основные формы рельефа: KB - Курильская дуга, пролив Буссоль; SO - Южно-Охотская котловина; AR - возвышенность Академии Наук; DD - котловина Дерюгина; KR - банка Кашеварова.

1 - водные плюмы от эндогенных источников; 2 - промежуточная водная масса [45]; 3 - "Баритовые горы" в котловине Дерюгина.

по содержаниям и скоростям накопления марганца в осадках второго литостратиграфического горизонта (рис. 7, 8), следует предполагать несколько эндогенных источников в зоне к юго-востоку от котловины Дерюгина.

Наличие очень высоких содержаний в осадках, соответствующих пятой изотопно-кислородной стадии в ряде колонок, позволяет предположить, что в это время, с высоким положением уровня моря и теплым климатом, существовали более благоприятные условия для накопления марганца. Возможны две причины этого: более интенсивный эндогенный привнос или благоприятные гидрохимические условия и стратификация придонных вод.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышенные содержания марганца в осадках Охотского моря характерны для всей котловины Дерюгина, обширной зоны к югу и юго-востоку от нее с глубинами моря более 1000 м и отдельных участков Южно-Охотской котловины. Аномальные же концентрации, хотя и намного меньшие, чем в окисленных осадках, выявлены только в котловине Дерюгина вблизи "Баритовых гор". Этот же район отличается и аномальными скоростями накопления марганца. Повышенные же скорости накопления марганца занимают более обширную зону субмеридиально-

го простирания от котловины Дерюгина к Центральным Курильским островам.

Результаты исследования позволяют предполагать, что основным фактором, определяющим распределение марганца в осадках глубоководной части Охотского моря, является гидрогенное осаждение в специфических гидрохимических условиях вблизи эндогенных флюидных источников. По аналогии с современным океаническим марганцеворудным процессом можно предполагать, что это определяется большей концентрацией марганца в придонных или иловых водах, хотя не исключены и иные причины интенсивного осаждения. Геологическое строение региона и геохимические особенности донных осадков являются аргументами в пользу гидротермального (магматогенного) происхождения марганецсущих флюидов, хотя прямые доказательства этого имеются только для Южно-Охотской котловины. Полученные данные свидетельствуют, что помимо известных эндогенных источников существуют, или ранее могли существовать, и другие, активные в голоцене. Наиболее вероятно их нахождение в районах к востоку и юго-востоку от котловины Дерюгина.

Концентрации и интенсивность накопления марганца в осадках зависят от палеогеографических условий бассейна. В послеледниковое время стратификация водной массы определяет возможность более интенсивного накопления марганца в осадках из-за отсутствия вертикального перемешивания глубинной и промежуточной водных масс. В период последнего оледенения граница промежуточной водной массы находилась значительно ниже, чем в голоцене, и вся водная толща в пределах центральной части моря находилась под влиянием зимнего конвективного перемешивания, водные плюмы вблизи эндогенных флюидных источников не формировались и темпы осаждения марганца были значительно ниже.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 99-05-64533) и ФЦП "Мировой океан" (Проект 4.3.4). Авторы признательны Л.М.Грамм-Осипову за критические замечания и рекомендации, высказанные в ходе подготовки статьи, а также Н.В. Астаховой, О.В. Дудареву за предоставленные дополнительные пробы и результаты анализов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов А.С. Физико-механические свойства и абсолютные массы голоценовых отложений Охотского моря // Тихоокеан. геология. 1991. № 2. С. 50-55.
2. Астахов А.С., Вагина Н.К., Горбаренко С.А. и др. Скорости голоценового осадконакопления в Охотском море // Тихоокеан. геология. 1988. № 4. С. 3-14.
3. Астахов А.С., Макаревич Р.А., Можеровский А.В. Литология и фациальная приуроченность железистых конкреций западной части Южно-Китайского моря //

- Литология и полез. ископаемые. 1991. № 1. С. 52-60.
4. Астахов А.С., Горбаренко С.А. Позднечетвертичные климатические изменения и геохимия терригенного осадконакопления в Охотоморском регионе // Тихоокеан. геология. 1997. Т. 16, № 1. С. 73-82.
  5. Астахова Н.В. Геохимические особенности осадков впадины Дерюгина (Охотское море) // Тихоокеан. геология. В печати.
  6. Астахова Н.В., Липкина М.И., Мельниченко Ю.В. Гидротермальная баритовая минерализация во впадине Дерюгина Охотского моря // Докл. АН СССР. 1987. Т. 295, № 1. С. 212-215.
  7. Басов И.А., Горбаренко С.А., Хусид Т.А. Бентосные фораминиферы и гидродинамический режим Охотского моря: последние 17 тыс. лет // Докл. РАН. В печати.
  8. Безруков П.Л. Донные отложения Охотского моря // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. 1960. Т. 32. С. 15-97.
  9. Болиховская Н.С., Матуль А.Г. К вопросу о стратиграфии и палеогеографических условиях седиментации донных отложений Охотского моря // Тихий океан. Геология, геоморфология, магматизм: (Тез. докл.). Владивосток, 1983. С. 30-32.
  10. Бутузова Г.Ю. Современный вулканогенно-осадочный железорудный процесс в кальдере вулкана Санторин (Эгейское море) и его влияние на геохимию осадков. М.: Наука. 1969. 112 с.
  11. Вагина Н.К., Астахова Н.В. О возрасте гидротермальной минерализации во впадине Дерюгина Охотского моря // Стратиграфия и корреляция четвертичных отложений Азии и Тихоокеанского региона: Тез. докл. Междунар. симпоз. Находка, 1988. Т.1. С. 17-19.
  12. Гавриленко Г.М., Храмов С.В. Железомарганцевые образования склонов Курильской островной дуги // Вулканология и сейсмология. 1986. № 2. С. 97-100.
  13. Геохимия осадочного процесса в Балтийском море / Ред.: Емельянов Е.М., Лукашин В.Н. М.: Наука, 1986. 229 с.
  14. Гнибиденко Г.С. О рифтовой системе дна Охотского моря // Докл. АН СССР. 1976. Т. 229, № 1. С. 163-165.
  15. Горбаренко С. А., Деркачев А. Н., Астахов А. С., Саутон Дж.Р., Чупрынин-Шаповалов В. В. Литостратиграфия и тефрахронология верхнечетвертичных осадков Охотского моря по изотопно-геохимическим данным, физико-механическим свойствам и минералогии // Тихоокеан. геология. 2000. № 2. С. 58-72.
  16. Горбаренко С.А., Ковалюх Н.Н., Одиноква Л.Ю., Рыбаков В.Ф., Токарчук Т.Н., Шаповалов В.В. Верхнечетвертичные осадки Охотского моря и реконструкция палеоокеанологических условий // Тихоокеан. геология. 1988. № 2. С. 25-34.
  17. Грамм-Осипов Л.М., Репечка М.А., Волкова Т.И., Плисс С.Г., Черныш В.Н. К геохимии осадков Японского моря // Вопросы геологии дна Японского моря. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1973. С. 91-114.
  18. Деков В.М., Гурвич Е.Г. О соотношении гранулометрического и химического состава металлоносных осадков приосевой зоны Восточно-Тихоокеанского поднятия (20-22°ю.ш.) // Океанология. 1991. Т. 31, № 5. С. 838-845.
  19. Емельянов Е.М. Барьерные зоны в океане. Калининград: Янтарный сказ, 1998. 411 с.
  20. Захарова М.А., Воронова В.А. Глинистые минералы в донных осадках южной части Охотского моря // Геология дна дальневосточных морей. Владивосток, 1977. С. 67-79.
  21. Захарова М.А., Воронова В.А. Литолого-геохимическая характеристика донных осадков профиля на широте пос. Пограничное (Охотское море) // Геологическое строение Охотоморского региона. Владивосток, 1982. С. 92-100.
  22. Ильев А.Я., Воронова В.А., Захарова М.А. и др. Донные осадки южной части Охотского моря. М.: Наука, 1979. 147 с.
  23. Каталог драгирований в Охотском море. Южно-Сахалинск: Изд-во ИМГиГ ДВО РАН, 1992. 101 с.
  24. Лисицын А.П., Богданов Ю.А., Воробьев П.В. и др. Гидротермальные системы и осадочные формации срединно-океанических хребтов Атлантики. М.: Наука. 1993. 256 с.
  25. Лисицын А.П., Богданов Ю.А., Гурвич Е.Г. Гидротермальные образования рифтовых зон океана. М.: Наука, 1990. 255 с.
  26. Морозкин К.В. Водные массы Охотского моря. М.: Наука, 1966. 67 с.
  27. Обжиров А.И., Астахов А.С., Астахова Н.В. Генезис и условия формирования аутигенных карбонатов в четвертичном осадочном чехле района Сахалино-Дерюгинской газовой аномалии (Охотское море) // Океанология. 2000. В печати.
  28. Орлов А.А. Формы железомарганцевых образований Охотского моря // Геологическое строение охотоморского региона. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 101-106.
  29. Остроумов З.А. Марганец в донных отложениях Охотского моря // Докл. АН СССР. 1954. Т. 97, № 2. С. 285-288.
  30. Петелин В.П. Гранулометрия и разнос терригенных минералов в Охотском море // Современные осадки морей и океанов. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 368-379.
  31. Петелин В.П., Остроумов Э.А. Геохимия донных осадков Охотского моря // Современные осадки морей и океанов. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 380-403.
  32. Поспелова Г.А., Ильев А.Я. Кратковременные отклонения в направлении геомагнитного поля по палеомагнитным данным новейших отложений Охотского моря // Геология дна дальневосточных морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 105-121.
  33. Страхов Н.М. Проблемы геохимии современного океанского литогенеза. М.: Наука, 1976. 299 с. (Тр. Геол. Ин-та АН СССР; Вып. 292).
  34. Страхов Н.М., Нестерова И.Л. О влиянии вулканизма на геохимию морских отложений на примере Охотского моря // Геохимия осадочных пород и руд. М.: Наука, 1968. С.223-252.
  35. Федорченко В.И., Абдурахманов А.И., Родионова Р.И. Вулканизм Курильской островной дуги. Геология и петрогенезис. М.: Наука, 1989. 237 с.
  36. Харахинов В.В. Тектоника Охотоморской нефтегазональной провинции: Дис.... д-ра геол.-минер. наук в виде науч. докл. Оха-на-Сахалине, 1998. 77 с.
  37. Черепанова М.В., Гребенникова Т.А., Астахов А.С.,

- Шаповалов В.В. Стратиграфия и палеогеография шельфа и континентального склона Южного Сахалина // Прибрежная зона дальневосточных морей в плейстоцене. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1988. С. 93-108.
38. Черкашев Г.А., Краснов С.Г., Егиазаров Б.Х. и др. Гидротермально-осадочные и гидротермальные рудные образования в Мировом океане. М.:ВИЭМС. 1985. 66 с.
39. Штеренберг Л.Е., Антипов Н.П., Ильев А.Я. и др. Железомарганцевые образования Охотского моря // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1987. № 12. С. 106-115.
40. Щека С.А., Пятков А.Г., Вржосек А.А., Левашев Г.Б., Октябрьский Р.А. Парагенезисы микроэлементов магнетита. М.: Наука, 1980. 146 с.
41. Astakhov A.S., Beloglazov A.I., Mozherovskiy A.V. Mineral-geochemical association in bottom sediments of the East China Sea // Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences. 1995. V. 6, N 1. P. 91-102.
42. Astakhova N.V. Hydrothermal Barite in the Okhotsk Sea // Resource Geology. 1993. N 17. P. 169-172.
43. Bostrom K., Kraemer T., Gartner S. Provenance and accumulation rates of opaline silica, Al, Ti, Fe, Mn, Cu, Ni and Co in Pacific pelagic sediments // Chemical Geology. 1973. V. 11, N. 2. P. 123-148.
44. Derkachev A.N., Lelikov E.P., Tararin I.A., Mozherovskiy A.V. Indication of the hydrothermal activity in the back-arc basin of the Sea of Okhotsk (Kuril Basin) // 2th Workshop on Russian-German Cooperation in the Sea of Okhotsk - Kurile Island Arc System: Abstracts. Kiel, 1999. P. 32.
45. Freeland H.J., Bychkov A.S., Whitney F., Taylor C., Wong C.S., Yurasov G.I. WOCE section P1W in the Sea of Okhotsk. 1. Oceanographic description // J. of Geoph. Res. 1998. 1993. V. 103, N C8. P. 15613-15623.
46. Leterrier J., Maury R.C., Thoton P., Girard D., Marchal M. Clinopyroxene composition as a method of identification of the magmatic affinities of paleo-volcanic series // Earth and Planet. Sci. Let. V. 59, N 1. 1982. P. 139-154.
47. Martinson D. G., Pisias N. G., Hays J. D., Imbrie J., Moore T. C., and Shackleton N. J. Age dating and the orbital theory of the ice ages: development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy // Quatern. Res. 1987. V.27, N 1. P. 1-29.
48. Nurnberg D., Baranov B.V., Karp B.Ya. (edit.) RV Akademik M.A.Lavrentyev Cruise 27. Cruise Report. Gregory. German-Russian expedition for geological/geophysical Okhotsk Sea research. Kiel, 1997. GEOMAR Report 60. 150 p.
49. Wong C.S., Matear R.J., Freeland H.J., Whitney F.A., Bychkov A.S. WOCE line P1W in the Sea of Okhotsk. 2. CFCs and the formation rate of intermediate water // J. of Geophysical Research. 1998. V. 103, N C8. P. 15625-15642.

Поступила в редакцию 31 января 2000 г.

Рекомендована к печати Г.Л. Кирилловой

## Manganese distribution and accumulation rates in bottom sediments of the Sea of Okhotsk

*A.S. Astakhov, S.A.Gorbarenko, N.G.Vashchenkova, Yu.G.Volokhin*

The Mn contents in redoxing sediments and accumulation rates were investigated. The Mn contents in sediment most of cores are background (0.03-0.07 %). The anomalous concentration (up to 2.5 %) and accumulation rates (up to 60 mg/cm<sup>2</sup> 1000 y.) are revealed near the known region of hydrothermal barite mineralization in Derugin Basin. The intensive accumulation rates of Mn (>10 mg/cm<sup>2</sup> 1000 y.) are revealed also in Holocene sediments to south-east from Derugin Basin. It can be assumed that the great Mn contents and accumulation rates occurred there due to transportation of Mn-rich water from Derugin Basin in the near-bottom layer under the lower border of the Sea of Okhotsk Intermediate Water. Intensive Mn accumulation is typical also of part of the South Okhotsk Basin near the Bussol Strait. The Mn accumulation rates of glacial sediments of the second isotopic-oxygen stage are less significant, which is presumed to be caused by paleoceanological reasons.