

ву за помощь при отборе проб иловой воды, а также всех участников экспедиций и экипаж НИС «Академик Мстислав Келдыш».

Источники финансирования. Подготовка статьи проводилась при поддержке Российского научного фонда (проект 20-17-00157); обработка результатов гидрохимических исследований выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект

№ 19-05-50090); изучение стабильных изотопов углерода поддержано Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 20-04-00487). Экспедиционные исследования выполнены при поддержке госбюджета (финансирование морских экспедиций) и Российского научного фонда (проект № 14-50-00095 – 68 рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш»; проект № 19-17-00234 – 75 рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш»).

9.2. Гранулометрический и минеральный состав верхнего слоя осадков Баренцева моря

Н.В. Политова, Т.Н. Алексеева, Н.В. Козина, М.Д. Кравчишина, О.М. Дара

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

В работе приводятся данные гранулометрического и минералогического анализов проб поверхностных донных осадков, полученных в нескольких рейсах НИС «Академик Мстислав Келдыш» (2016–2018 гг.) из разных частей Баренцева моря. Галечный и гравийный материал встречается в поверхностных осадках в виде примесей, рассеянных по всей акватории моря. Такой хаотичный характер распространения, по-видимому, связан с ледовым разносом. Грубообломочный материал чаще встречается в Баренцевом море у берегов Кольского полуострова, у берегов Новой Земли, Шпицбергена, где он накапливается благодаря абразии берегов. Кроме того, фракция >1 мм фиксируется на глубинах, где происходит взмучивание и вымывание тонких фракций. Наиболее распространенными осадками на прибрежном мелководье являются пески, протянувшиеся широкой полосой в южной и юго-восточной области моря, в районе Печорского полигона, Канинского мелководья, Кольского полуострова и на северо-западе, у берегов Шпицбергена. С увеличением глубины песчаные осадки сменяются смешанными с невысокой примесью пелита. В центральной части моря располагаются в основном пелитовые осадки. Осадки с содержанием пелитовой фракции (<0.01 мм) более 50% занимают около 70% площади Баренцева моря. Они широко распространены в глубоководных впадинах и желобах, а также в многочисленных фиордах Северного острова Новой Земли и Земли Франца-Иосифа. Поверхностные осадки имеют преимущественно терригенный состав, лишь на границе с Норвежским морем увеличивается доля биогенного материала. В минеральном составе осадков преобладают кварц и полевые шпаты, глинистые минералы представлены преимущественно иллитом, смектитом и каолинитом.

Ключевые слова: донные осадки, гранулометрический состав, минеральный состав.

DOI: 10.29006/978-5-6045110-0-8/(29)

ВВЕДЕНИЕ

Для осадочного процесса в арктических морях характерен особый тип седиментогенеза – ледовый морской [Лисицын, 1994а, 2010; Lisitzin, 2002], который характеризуется наличием преимущественно терригенных осадков, специфичных по способам подготовки осадочного вещества, его транспортировки и отложения, и большим влиянием ледового разноса.

Изучение осадков Баренцева моря началось еще в 1920-х годах [Дерюгин, 1924; Кленова, 1960]. Институт океанологии им. П.П. Ширшова работает в Баренцевом море более 40 лет, изучая процессы осадкообразования [Айбулатов, 2000; Арктический..., 1987; Калинин, 1985, 2001; Мурдмаа, Иванова, 1999; Павлидис, 1995; Павлидис, Ионин, 1982]. Постоянные ра-

боты в данном регионе ведут такие организации как Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН [Тарасов, 1974; Матишов, 1977; Матишов и др., 1999; Процессы седиментации..., 2000], ВНИИОкеангеология [Андреева и др., 2000; Иванов и др., 2005], ВСЕГЕИ [Рыбалко, 1999], Морская арктическая комплексная экспедиция [Бадюков, 1998], Зоологический институт РАН [Денисенко, 2013], в западной части моря – зарубежные ученые [Elverhøi et al., 1989; Vogt, Knies, 2009 и др.].

Терригенный материал поступает в акваторию Баренцева моря в результате речного стока, размыва материковых, островных и подводных поднятий, абразии берегов, а также при участии ледниковой экзарации. По оценкам [Shevchenko, 2010], за счет

эолового привноса в Баренцево море также поступает дополнительно 0.904 т/год твердого осадочного вещества.

Для Баренцева моря характерно разнообразие береговых процессов и типов берегов. Наибольшую протяженность имеют абразионные берега, мало измененные или практически не измененные морем. На севере Скандинавского полуострова и на архипелагах побережье изрезано фьордами, побережье Кольского полуострова, сложенное преимущественно гранито-гнейсами, мало расчленено. Берега о. Северного арх. Новая Земля, арх. ЗФИ, о-вов Западный Шпицберген и Северо-Восточная Земля в большей части представлены ледниками [Геология СССР, 1970]. Берега юго-восточной части моря и о. Колгуев низменные, пологие, среди них преобладают термоабразионные и выровненные аккумулятивные.

Ложе Баренцева моря представляет собой сложно расчлененную подводную равнину с неровной поверхностью, несколько покатой к западу и северо-востоку. В целом для водоема характерно чередование подводных плато и желобов, пересекающих его в разных направлениях и имеющих ступенчатые, обрывистые или пологие склоны. Средняя глубина моря составляет 200 м, но при этом в Медвежинском желобе она достигает 600 м, а на прибрежных мелководьях не превышает 100 м [Матишов, 1977; Денисенко, 2013].

Пересеченный рельеф дна существенно сказывается на гидрологическом режиме Баренцева моря, который формируется под воздействием циркуляционных процессов различного происхождения: теплых атлантических и речных вод, холодных полярных и местных вод [Геоэкология шельфа и берегов морей России, 2001].

Ледовый режим играет весьма важную роль и в значительной степени определяет особенности седиментации и рельефообразования в Арктических морях. При этом стоит отметить, что Баренцево море, в отличие от других морей Арктики, никогда полностью не замерзает, и около ¼ его площади (юго-западная часть моря) остается свободной ото льда в течение всего года [Геоэкология шельфа и берегов морей России, 2001]. Наибольшего распространения ледяной покров достигает в апреле, когда около 75% поверхности моря занято плавучими льдами. На северо-западе и северо-востоке моря льды держатся обычно круглый год, но в отдельные благоприятные годы море практически полностью освобождается ото льдов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работы проводились практически по всей акватории Баренцева моря, карта-схема станций отбора проб представлена Приложении 1.

Отбор проб осадка производили с помощью дночерпателя (ДЧ) «Океан-50», для изучения собирали по возможности самый верхний слой (0–5 см), еще не затронутый или слабо затронутый процессами диагенеза. Литологическое описание осадка проводили на борту судна по методике А.П. Лисицына и Петелина [1956]. Определение цвета осадка выполнено с помощью каталога для определения цвета почв: Munsell soil-color charts with genuine Munsell® color chips 2009 year revised production.

Гранулометрический состав определяли в Лаборатории физико-геологических исследований ИО РАН по методике В.П. Петелина [1967]. Гранулометрический анализ – важный инструмент в познании седиментационных процессов. Результаты его позволяют охарактеризовать фракционный состав осадка, сделать выводы о генезисе и осадконакоплении [Свальнов, Алексеева, 2005]. Тип осадка определяли согласно классификации морских донных осадков [Безруков, Лисицын, 1960].

Проводились микроскопические исследования: непосредственно в экспедициях изучались слайды осадков под поляризационным микроскопом ПОЛАМ Л-213М с объективами $\times 2.5$, $\times 10$, $\times 25$, $\times 40$ и $\times 60$, в лабораторных условиях под биноклем Bresser Advance ISD с камерой Levenhuk C310 NG изучались мелкопесчаные фракции.

Для получения данных о минеральном составе пробы донных осадков изучались на рентгеновском дифрактометре D8 ADVANCE (Bruker AXS), несколько проб исследовалось при помощи рентгеновского дифрактометра ДРОН-3 для получения сведений о составе глинистых минералов.

Проводился анализ тяжелой и легкой подфракций (выделялись с использованием тяжелой жидкости) песчано-алевритовой фракции осадков с помощью иммерсионного метода (аналитик С.М. Исаченко, ИО РАН).

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДОННЫХ ОСАДКОВ

Самыми распространенными осадками в Баренцевом море являются пелитовые илы (преобладающая фракция < 0.01 мм), занимающие более 50% его площади [Павлидис, 1995; Павлидис и др., 1998; Elverhøi et al., 1989] (рис. 9.2.1). Высокий процент тонкого материала объясняется следующими причинами:

- основная осадкообразующая роль в восточной части Баренцева моря принадлежит тонкому материалу, поставляемому ледниками Новой Земли;
- гидродинамическая обстановка в бассейне такова, что силы течений хватает для переноса только тонкого материала;

– система течений в Баренцевом море имеет замкнутый циклонический характер, поэтому тонкий материал не выносится за пределы шельфа [Павлидис и др., 1998].

Распределение типов осадков по площади дна в целом подчиняется правилам вертикальной и циркумконтинентальной зональности: на малых глубинах или вблизи берегов распространены пески, глубже и дальше от берега алевриты и илы. Но часто, особенно это заметно для районов юга и юго-востока моря (Печорского моря), площадное распределение осадков на поверхности отличается пятнистостью, связано это с гидродинамическими факторами, ледовым режимом, рельефом дна. Поэтому крупнозернистые отложения могут быть встречены в любой части шельфа независимо от глубины.

Рассмотрим гранулометрические типы осадков по районам, где проводились исследования последних лет (Приложение 1, табл. 9.2.1).

Печорское море. Печорское море представляет собой субгоризонтальную аккумулятивную равнину с глубинами до 90 м и протяженностью 100–140 км с севера на юг и 350–400 км с запада на восток. В Печорском море, в отличие от открытой акватории Баренцева моря, определенное влияние на процессы современного осадконакопления оказывают ледовый режим, наличие многолетней мерзлоты на берегах, а также процессы солифлюкции и термоабразии [Павлидис и др., 2007]. Одним из источников поступления осадочного материала в Печорское море является река Печора. Осадочный материал речного происхождения после прохождения маргинального фильтра [Лисицын, 1994б] поступает в акваторию Печорской губы, а затем уже часть его выносится в море с помощью стоковых и приливно-отливных течений. Распределение осадков в Печорском море представляет собой достаточно мозаичную картину [Денисенко, 2013]. Для осадков, сформированных на малых глубинах, характерным является обогащение их песком.

На полигоне в Печорском море поверхностный слой донных осадков представлен отложениями преимущественно песчаной и алевритово-песчаной размерности (табл. 9.2.1), коричневого цвета (10YR/4/3) с примесью незначительного количества гравийного и галечного материала. В осадке присутствует примесь раковинного материала, целые створки раковин моллюсков 3–5 см и их обломки. В осадках на ст. 5407, 5408 отмечено большое количество полихет и их чехлов. Среди песков преобладают мелкозернистые разности, в которых большую часть составляет фракция 0.25–0.1 мм. Среди песчаных отложений Печорского моря по гранулометрическому составу выделяются «чистые» пески, суммарное содержание

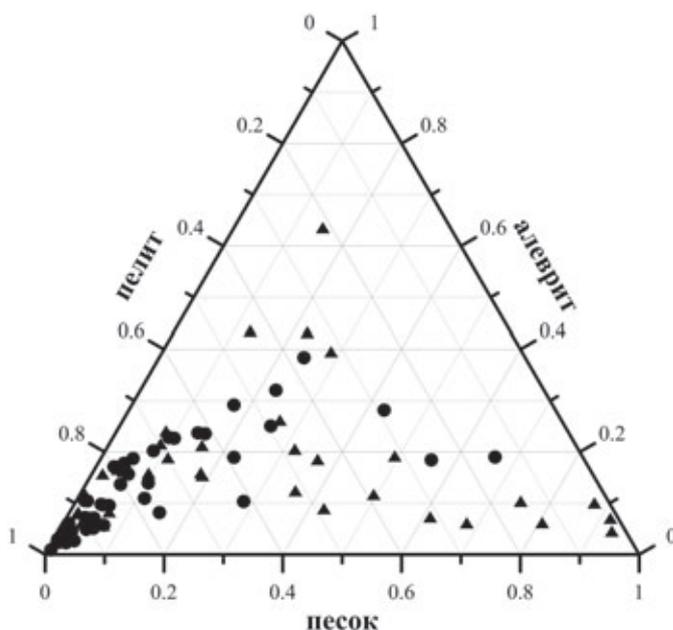


Рис. 9.2.1. Гранулометрический состав поверхностных отложений Баренцева моря, изученных в 67 (треугольники) и 68 (кружки) рейсах НИС «Академик Мстислав Келдыш» в 2016–2017 гг.

песчаных фракций в которых составляет более 90% (на ст. 5405 пески составляют 92.87%, а на ст. 5409 – 91.57%) (рис. 9.2.2). Нижняя граница распространения «чистых» песков ограничивается изобатой 50 м, что соответствует зоне максимального волнового воздействия на дно [Геоэкология шельфа и берегов морей России, 2001].

Одновершинные гистограммы с максимумом в мелких песках (до 87.33%) характеризуют хорошо сортированные осадки, что говорит о нормальном ходе механической дифференциации и стабильном гидродинамическом режиме (рис. 9.2.2). Кумулятивные кривые, построенные по гранулометрическим анализам осадков Печорского моря (за исключением осадков на ст. 5408), также подтверждают их хорошую сортированность ($S_0 < 2$), близкие значения моды M_0 и медианы M_d (рис. 9.2.3).

На ст. 5408 «чистые» разности сменяются смешанными осадками, где преобладают алеврит (43.18%), причем, в основном крупный (33.67%), и пелит, преимущественно мелкий (34.16 и 23.29% соответственно), коричневого (10YR/4/3) и оливково-коричневого цвета (2.5Y/4/3), окисленный, с примесью гравийного и галечного материала, каменный материал ожезелен. Такие миктиты в целом более крупнозернистые (песчаные) отмечались в Печорском море и другими исследователями [Левитан и др., 2003]. Их образование чаще всего объясняется наличием разных источников сноса.

Меридиональный разрез «Норвегия–Шпицберген». На этом разрезе осадки имеют разную структуру: некоторые содержат до 80.08% песков (табл. 9.2.1, рис. 9.2.4), другие пробы имеют смешанную структуру со значительной примесью гравийно-галечного материала до 17.04%. Содержание пелитовой фракции иногда достигает 93%.

Таблица 9.2.1. Координаты станций, глубина, содержание гранулометрических фракций и статистические показатели поверхностного слоя осадков Баренцева моря

Станция	Широта, с. ш.	Долгота, в. д.	Глубина, м	Гранулометрический состав, %				Md	So	Sk
				Гравий (1–10 мм)	Песок (0.1–1 мм)	Алеврит (0.01–0.1 мм)	Пелит (<0.01 мм)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
67 рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш», 2016 г.										
Полигон «Печорское море»										
5405	69°25.02'	55°15.01'	33	0.27	92.87	4.55	2.31	0.157	1.30	1.00
5406	69°03.04'	56°27.99'	17	0.06	87.37	10.04	2.53	0.150	1.31	1.00
5407	70°00.00'	57°58.00'	47	0.28	74.64	10.38	14.7	0.139	1.39	0.99
5408	69°42.50'	57°33.00'	42	0.17	22.49	43.18	34.16	0.057	8.17	0.04
5409	69°21.30'	56°55.00'	20	0.09	91.57	7.03	1.31	0.155	1.30	1.00
Полигон «Центрально-Баренцевоморский (Штокмановский)»										
5411	71°21.00'	38°27.00'	346	4.19	10.76	18.12	66.93	0.002	8.37	7.03
5412	72°53.97'	44°02.44'	268	0.78	31.49	20.39	47.34	0.050	10.39	0.06
5413	73°30.02'	47°00.20'	324	0.37	6.89	5.67	87.07	0.001	2.52	3.39
5414	74°30.30'	51°05.00'	138	2.18	27.74	38.69	31.39	0.059	5.12	0.16
5415	75°00.00'	54°00.00'	241	11.28	4.04	4.83	79.85	0.001	3.10	3.84
5416	75°30.00'	54°00.00'	133	74.32	3.28	11.18	11.22	9.106	6.66	0.03
5417	76°23.60'	51°00.00'	330	0.63	1.4	8.25	89.72	0.001	2.49	3.22
5418	75°30.00'	50°00.00'	270	1.99	4.92	15.91	77.18	0.002	3.45	2.32
5421	75°59.80'	42°47.64'	376	7.77	0.74	3.15	88.34	0.001	2.77	3.70
5422	76°30.03'	60°00.10'	149	14.04	3.36	14.28	68.32	0.001	9.35	26.93
Залив Русская Гавань (Новая Земля)										
5423	76°17.89'	62°36.16'	151	13.42	1.23	9.4	75.95	0.001	3.64	6.65
5424	76°12.25'	62°29.19'	176	0	0.14	5.88	93.98	0.001	2.77	2.41
5425	76°11.50'	62°29.91'	153	0	0.11	3.69	96.2	0.001	2.19	2.52
5427	76°17.55'	62°18.34'	60	30.04	13.12	10.76	46.08	0.051	>10	2.47
Разрез «Медвежинский желоб»										
5429	76°22.96'	33°37.79'	278	0.39	18.17	15.91	65.53	0.002	9.85	10.62
5430	75°00.00'	29°50.21'	389	0	3.03	6.05	90.92	0.001	2.77	3.96
5431	73°40.03'	25°00.23'	462	0	1.35	7.93	90.72	0.001	2.37	3.09
5433	72°40.02'	14°40.11'	773	11.46	43.79	10.38	34.37	0.001	2.40	2.89
5434	71°37.82'	11°57.01'	2223	0.48	6.58	8.3	84.64	0.113	8.54	0.04

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Меридиональный разрез «Норвегия – Шпицберген»										
5435	71°00.00'	17°30.00'	236	17.04	35.21	7.43	40.32	0.001	2.79	2.41
5436	71°45.11'	17°30.29'	308	7.53	62.79	5.71	23.97	0.109	>10	0.08
5437	72°30.00'	17°30.11'	353	1.94	35.23	12.19	50.64	0.144	3.90	0.16
5438	74°00.01'	17°29.88'	212	2.65	59.54	7.16	30.65	0.010	>10	1.53
5439	74°45.21'	17°31.59'	276	0.58	80.08	6.17	13.17	0.123	6.94	0.05
5440	75°30.00'	17°30.36'	166	69.01	8.19	8.13	14.67	0.145	1.35	1.00
5441	76°10.17'	17°29.69'	316	0.58	1.39	5.15	92.88	10.000	8.53	0.01
Разрез «Кольский меридиан»										
5442	74°00.03'	33°30.06'	329	0	9.47	15.9	74.63	0.001	2.40	2.73
5443	75°00.04'	33°30.09'	148	17.66	40.56	15.81	25.97	0.001	3.94	7.77
5444	76°00.03'	33°30.11'	308	3.25	8.32	20.93	67.5	0.132	6.87	0.19
Широтный разрез «Шпицберген – Земля Франца-Иосифа»										
5445	80°30.00'	27°30.06'	175	76.59	3.5	14.88	5.03	0.003	5.47	2.10
5446	80°29.96'	30°54.02'	181	2.22	15.42	20.79	61.57	8.355	1.63	0.54
5447	80°29.99'	34°17.67'	135	30.24	25.53	12.96	31.27	0.002	9.16	8.02
5448	80°30.02'	36°00.00'	272	0	0.57	2.16	97.27	0.145	>10	0.57
5450	80°30.02'	40°55.89'	318	0	8.28	24.09	67.63	0.001	2.44	2.78
5452	80°30.04'	43°38.00'	384	0.34	0.97	5.67	93.02	0.001	5.96	9.13
Пролив Кембридж (Земля Франца-Иосифа)										
5453	80°19.99'	46°26.76'	404	1.49	1.78	15.48	81.25	0.001	3.09	2.35
5454	80°35.60'	47°42.14'	638	0.95	1.17	5.73	92.15	0.001	2.22	2.67
5455	80°32.02'	47°24.39'	548	0.35	0.99	5.37	93.29	0.001	2.34	3.06
5456	80°36.83'	48°15.17'	594	0.52	0.33	12.2	86.95	0.001	2.81	4.10
68 рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш», 2017 г.										
Разрез «Кольский меридиан»										
5547	72°54.97'	33°50.08'	200	0.53	25.32	24.89	49.25	0.014	11.13	0.45
5548	73°54.97'	33°51.51'	312	1.07	3.02	16.90	79.00	0.001	3.29	2.72
5553	76°01.27'	33°43.50'	288	2.82	13.49	23.04	60.65	0.003	9.32	4.80
5554	77°12.79'	33°43.68'	152	27.41	7.55	10.13	54.91	0.006	44.07	35.85
5555	78°28.30'	33°43.55'	192	1.72	4.60	6.99	86.69	0.001	2.49	3.25
5556	78°45.76'	33°43.26'	272	6.31	4.58	9.06	80.05	0.001	3.05	4.73
5578	71°34.05'	34°00.03'	235	0.16	42.93	28.10	28.81	0.076	5.27	0.14
5579	70°13.36'	33°40.42'	240	0.25	15.10	23.48	61.17	0.003	8.56	5.71
Разрез «Земля Франца-Иосифа – Новая Земля»										
5562	79°39.53'	52°20.13'	430	0.00	1.89	10.43	87.68	0.001	2.33	2.88
5563	79°00.68'	55°52.64'	292	0.00	0.96	6.09	92.95	0.001	2.17	2.48
5564	78°33.69'	58°17.28'	148	0.96	9.33	22.60	67.11	0.003	6.21	3.58
5565	77°59.98'	61°07.05'	368	0.00	1.44	4.04	94.52	0.001	2.08	2.31
5566	77°29.45'	63°00.80'	205	29.03	20.04	7.33	43.60	0.087	54.10	0.38
5567	77°02.36'	65°41.85'	226	0.00	1.08	5.43	93.49	0.001	2.13	2.43

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Меридиональный разрез «Норвегия – Шпицберген»										
5530	74°19.69'	17°04.46'	200	0.12	66.17	18.99	14.72	0.126	1.58	0.81
5531	75°10.85'	16°43.84'	190	0.15	5.41	18.72	75.72	0.002	3.59	3.01
5532	76°00.85'	16°22.83'	352	0.34	1.35	10.48	87.83	0.001	2.79	4.09
5540	71°14.00'	18°09.89'	225	13.42	48.29	15.96	22.33	0.144	3.17	0.60
Медвежинский желоб										
5528	73°15.64'	17°24.74'	467	7.72	20.57	17.49	54.22	0.007	11.65	2.10
5529	73°39.12'	17°24.71'	1044	5.51	23.05	36.25	35.19	0.055	6.62	0.10
5533	73°42.84'	13°14.66'	1678	0.19	4.37	17.75	77.70	0.001	3.35	6.07
5534	73°38.57'	11°35.57'	2009	0.32	5.56	5.08	89.04	0.001	2.29	3.02
5542	73°37.38'	21°22.52'	490	5.53	21.58	30.26	42.63	0.050	9.75	0.05
5544	74°26.18'	26°51.80'	390	0.00	0.61	2.97	96.42	0.001	1.75	1.83
5550	75°09.49'	29°35.47'	350	0.27	6.95	5.72	87.06	0.001	2.90	4.22
5551	75°33.27'	26°51.91'	205	0.00	2.20	4.54	93.26	0.001	2.11	2.59
5552	76°01.22'	31°57.91'	317	0.44	4.44	4.88	90.24	0.001	2.19	2.56
Северная часть моря у Земли Франца-Иосифа										
5557	79°07.68'	42°06.88'	365	0.00	0.51	0.90	98.59	0.001	1.96	2.11
5558	79°47.93'	43°34.77'	343	0.00	1.17	5.67	93.16	0.001	2.18	2.57
5559	80°03.76'	44°51.56'	326	1.27	17.00	28.78	52.95	0.008	9.43	1.19
5560	79°48.28'	47°20.31'	349	0.78	3.85	7.01	88.36	0.001	2.43	3.04
5561	79°05.00'	49°52.10'	340	0.23	2.35	2.30	95.12	0.001	2.03	2.24
Центральная часть моря										
5568	75°44.47'	56°42.42'	157	4.93	5.70	9.09	80.28	0.001	3.04	4.29
5569	75°09.04'	53°50.83'	230	1.10	3.54	2.65	92.71	0.001	2.14	2.51
5570	74°17.85'	47°44.31'	317	0.31	3.12	7.21	89.36	0.001	2.41	3.10
5571	73°49.99'	44°28.84'	347	0.79	15.02	8.10	76.09	0.001	3.58	4.06
5572	73°15.20'	38°41.06'	246	0.14	6.15	15.66	78.05	0.001	3.36	5.69
5573	74°14.99'	29°59.96'	336	0.00	5.87	13.69	80.44	0.001	3.15	5.01
Разрез по 71.5° с. ш.										
5524	71°51.26'	12°07.29'	1992	0.82	11.19	10.85	77.14	0.001	3.30	5.90
5525	72°00.25'	14°43.31'	1254	1.28	7.99	19.97	70.76	0.001	5.21	14.02
5527	72°05.65'	17°48.92'	311	0.36	4.53	9.75	85.36	0.001	2.68	3.63
5541	72°15.33'	22°30.22'	311	0.59	4.90	16.76	77.75	0.001	3.41	5.00
5546	72°32.95'	27°20.58'	294	0.06	10.39	22.64	66.92	0.003	6.61	3.85

Осадки ст. 5435 (236 м), 5436 (308 м), 5438 (212 м), 5439 (276 м) имели оливково-серый (5Y/4/2), серый (5Y/5/1), серо-коричневый цвета (2.5Y/4/2), примесь гравийного, галечного и валунного материала, обломков и целых раковин моллюсков и их детрита. На поверхности осадка обнаружены губки, мшанки. На ст. 5437 (353 м) отложения представлены гравий-

но-песчаным пелитовым илом темно серо-коричневого цвета (2.5Y/4/2) с небольшой примесью галечного материала. Осадок заполнен спикулами губок.

Осадки ст. 5440 (166 м), расположенной на склоне Медвежинского мелководья, имеют грубообломочную структуру (до 69% гравийно-галечного материала).

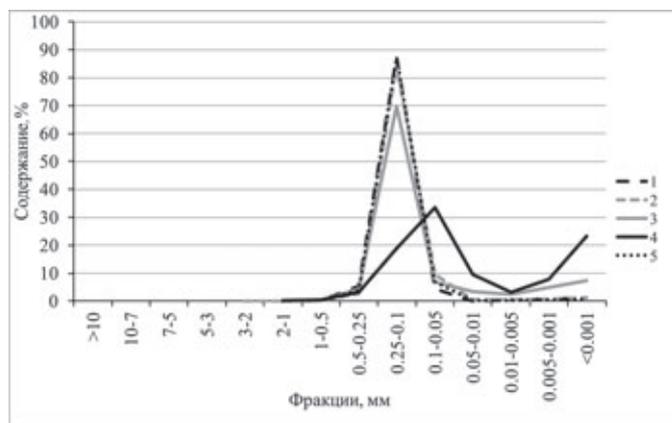


Рис. 9.2.2. Содержание гранулометрических фракций в поверхностном слое осадков на Печорском полигоне. Станции: 1 – 5405, 2 – 5406, 3 – 5407, 4 – 5408, 5 – 5409

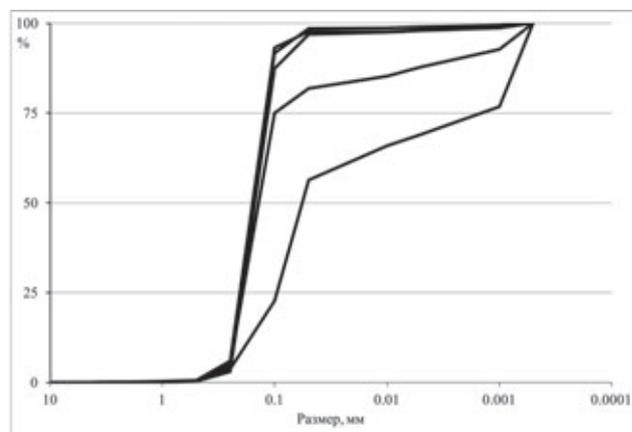


Рис. 9.2.3. Примеры кумулятивных кривых гранулометрического состава поверхностных донных отложений Печорского моря

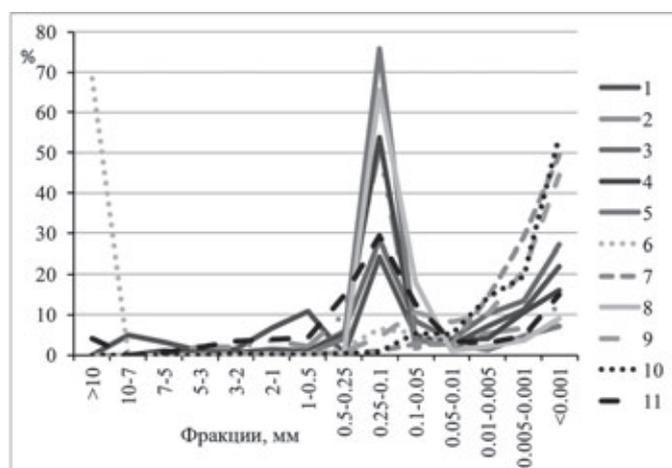


Рис. 9.2.4. Содержание гранулометрических фракций в поверхностном слое на меридиональном разрезе Норвегия–Шпицберген. Станции: 1 – 5435, 2 – 5436, 3 – 5437, 4 – 5438, 5 – 5439, 6 – 5440, 7 – 5441, 8 – 5530, 9 – 5531, 10 – 5532, 11 – 5540

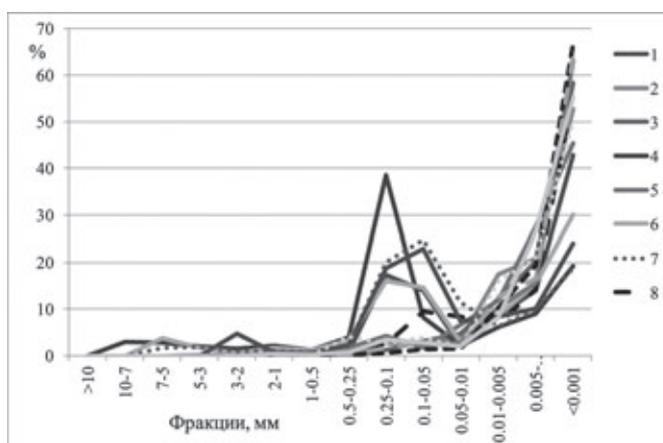


Рис. 9.2.5. Содержание гранулометрических фракций в поверхностном слое осадков в Медвежинском желобе. Станции: 1 – 5429, 2 – 5430, 3 – 5432, 4 – 5433, 5 – 5434, 6 – 5528, 7 – 5529, 8 – 5533, 9 – 5534, 10 – 5542, 11 – 5544, 12 – 5550, 13 – 5551, 14 – 5552

В желобе Стур-фьорд, ближе к берегам Шпицбергена, на ст. 5441 (316 м) и 5532 (352 м) осадки представлены пелитовым илом темного серо-коричневого (2.5Y/4/2) и темного зелено-серого цветов (Gley1/4/5GY), наблюдается небольшое количество полихет и их чехлов и гидротроилитовые примазки. Вероятно, это можно объяснить спокойной гидродинамической обстановкой в данном районе.

Медвежинский желоб. Желоб находится в западной части Баренцева моря и охватывает наиболее глубоководную его часть, представляет собой широкую асимметричную долину, тальвег которой прижат к северному борту. Простирается северо-восточное. Глубина его осевой части в целом понижается с востока на запад, а дно представляет собой сложное сочетание макроформ рельефа. Севе-

ро-западный борт желоба относится к крутым подводным склонам ступенчатого строения, юго-восточный борт пологий [Матишов и др., 2002]. Краевые шельфовые желоба являются основными путями транзита осадочного вещества с шельфа в область континентального склона [Котенев, 1979; Матишов, 1984], поэтому в этих районах значима роль гравитационных литодинамических процессов [Процессы седиментации..., 2000]. Есть данные, что крупные депрессии в краевых желобах Баренцева моря являются ловушками, где аккумулируется большое количество осадочного материала [Митяев и др., 2007].

Донные отложения ст. 5429 в вершине желоба представлены алеврито-песчано-пелитовым илом оливково-серого цвета (5Y/4/2). Осадки Медвежинского желоба в его средней части в основном пред-

ставлены пелитовым илом (ст. 5430, 5431, 5544, 5551, 5552), окисленным, оливково-серого (5Y/4/2) и темно-серого цвета (5Y/4/1), наблюдается большое количество полихет и их чехлов, гидротроилитовые прослои, ожелезненные стяжения и трубки. Содержание фракции <0.001 мм более 90% (табл. 9.2.1, рис. 9.2.5). Интересно, что по соотношению фракций 0.01–0.005 мм, 0.005–0.001 мм и менее 0.001 мм осадки этих станций почти не отличаются друг от друга, что позволяет говорить об общем их источнике и механизме поступления. На ст. 5433, 5528 на перегибе континентального склона залегают донные осадки смешанного типа (гравий – 11.46%, песок – 43.79%, алеврит – 10.38%, пелит – 34.37%). Их образование, возможно, связано с изменением динамических скоростей придонных течений при резком падении глубин. Пелитовый ил представлен на ст. 5434, 5533, 5534, расположенных практически у подножья континентального склона на глубинах более 1500 м, на границе Баренцева и Норвежского морей. Ил серого цвета (2.5Y/5/1), в нем наблюдаются полихеты и их чехлы, стяжения и трубки, встречаются фораминиферы песчаной размерности.

Разрез «Кольский меридиан». Для поверхностных донных осадков на Кольском меридиане характерно преобладание пелитовой фракции в осадках впадин, огрубление и несортированность отложений на возвышенностях.

Так, например, осадки ст. 5442 (329 м) и 5444 (308 м) представлены алеврито-пелитовым илом (табл. 9.2.1, рис. 9.2.6) темного серо-коричневого цвета (2.5Y/4/2), с большим количеством полихет и их чехлов, каверн. В осадке присутствует примесь гравийно-галечного материала и единичные раковины моллюсков. От-

ложения ст. 5443 (148 м) имеют смешанную структуру: алеврито-пелитово-песчаный ил оливково-серого цвета (5Y/4/2) с примесью гравийно-галечного материала (окатанной и средне-окатанной формы) и обломков раковинного материала (<1%). В осадке наблюдается большое количество Fe-Mn корок, трубок. Эта станция находится на Центральной возвышенности, где, вероятно, сильнее проходят процессы донной эрозии и вымывание тонкого материала, тогда как две другие расположены в глубоководье.

Север Баренцева моря. Осадки на разрезе Шпицберген–Земля Франца-Иосифа по 80°30' с. ш. имели разнообразную структуру. Содержание пелитовой фракции в отложениях менялось от 5 до 97.27% (табл. 9.2.1, рис. 9.2.7). На станциях вблизи островов архипелага Шпицбергена, где глубины не превышали 200 м, осадки грубозернистые или смешанные, тогда как, приближаясь к желобу Франц-Виктория, в отложениях происходит увеличение содержания тонких фракций.

В полосе глубин 175 м (ст. 5445) осадок представлен гравийно-галечно-валунным материалом с примесью песчано-алеврито-пелитового ила темно-серого цвета (5Y/4/1). Смешанные осадки, практически не сортированные обнаружены на ст. 5447 (135 м). Они представлены алеврито-песчано-пелитовым илом темного серо-коричневого (10YR/3/2) и серого цвета (5Y/5/1) с примесью гравийно-галечно-валунного материала. В осадке встречены Fe-Mn корки, трубки. Весь каменный материал неокатанной формы. Содержание гравийно-галечной фракции в отложениях меняется от 30.24% (ст. 5447) до 76.59% (ст. 5445). Преобладающими в осадках на ст. 5445 являются фракции >10 мм (25.6%) и 10–7 мм (48.41%).

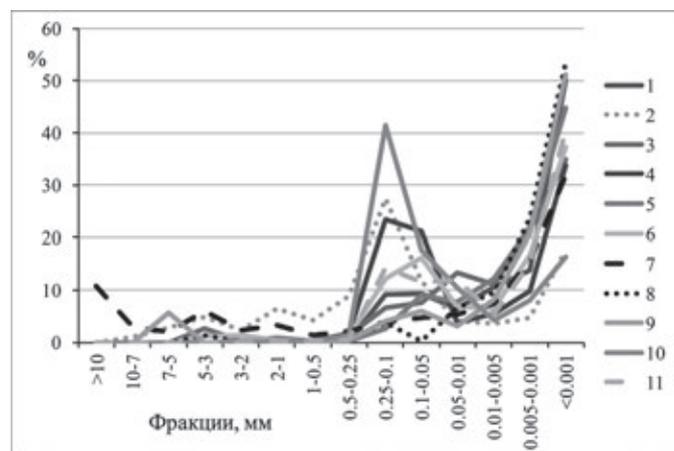


Рис. 9.2.6. Содержание гранулометрических фракций в поверхностном слое на профиле Кольский меридиан.

Станции: 1 – 5442, 2 – 5443, 3 – 5444, 4 – 5547, 5 – 5548, 6 – 5553, 7 – 5554, 8 – 5555, 9 – 5556, 10 – 5578, 11 – 5579

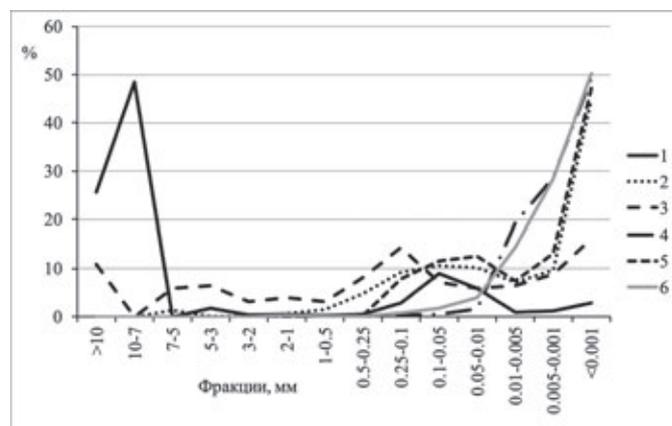


Рис. 9.2.7. Содержание гранулометрических фракций в поверхностном слое донных осадков на широтном разрезе Шпицберген–Земля Франца-Иосифа.

Станции: 1 – 5445, 2 – 5446, 3 – 5447, 4 – 5448, 5 – 5450, 6 – 5452

Отложения ст. 5446 (181 м), 5448 (272 м), 5450 (318 м), 5452 (384 м) отнесены нами к пелитовым илам серо-коричневого (2.5Y/4/2) и зелено-серого цвета (Gley1/4/10Y) с примесью алевритового и песчаного материала, т.к. преобладает фракция <0.01 мм (61.57–97.27%). В осадке можно наблюдать обломки раковин моллюсков (<3%), полихет и их чехлов, Fe-Mn корки, трубки, мшанки. Осадки на ст. 5446 и 5450 содержат 15.42 и 8.28% песков, это достаточно высокое содержание для таких глубин. Возможно, здесь пески спускаются на такие же глубины, как илы, из-за высокой гидродинамической активности в данных районах.

Поверхностные осадки, отобранные вблизи архипелага Земля Франца-Иосифа, имели преимущественно пелитовую размерность с незначительной примесью более крупнозернистого материала. Лишь на ст. 5559, находящейся на восточном склоне желоба Франц-Виктория, обнаружены смешанные осадки, где содержание пелита чуть превышает 50%. На станциях, расположенных южнее архипелага, подняты осадки, на поверхности которых обнаружены крупные железомарганцевые стяжения. Железомарганцевые стяжения, корки и конкреции, в зависимости от их состава, служат индикаторами определенных физико-химических условий седиментации. На ст. 5561 и 5562 железомарганцевые корки (стяжения) развивались по алевритово-пелитовому илу темно-коричневого цвета с включениями окатанной гальки, очевидно, по ходам илоедов.

Пролив Кембридж (Земля Франца-Иосифа). Этот пролив расположен между островами Земля Александры и Земля Георга. Глубины в нем достигают 640 м при относительно небольшой ширине в 10 км (рис. 9.2.8). Острова покрыты ледниковыми шапками, спускающимися в море. Именно ледники являются здесь основными поставщиками осадочного материала.

Наиболее распространенными отложениями в проливе Кембридж являются пелитовые илы окисленные, темно-серо-коричневого (10YR/4/2) или темно-зелено-серого цвета (Gley1/3/10Y) с небольшой примесью алевритового, песчаного или гравийно-галечного материала, а также обломков раковин моллюсков (1–2%). В осадке наблюдаются ожелезненные пятна, стяжения, трубки. Осадки содержат от 81.25 до 93.29% фракции <0.01 мм (табл. 9.2.1, рис. 9.2.8), причем около или более 50% приходится на субколлоидную фракцию <0.001 мм.

Центр Баренцева моря. В центре моря поверхностные осадки представлены преимущественно тонкими и средними пелитовыми илами оливково-коричневого цвета (2.5Y/4/3) с примесью песчаного, гравийного, галечного и валунного материала с боль-

шим количеством полихет и их чехлов (табл. 9.2.1, рис. 9.2.9). Содержание пелитовых фракций на станциях в центре моря колеблется от 11.22 до 96.2%. Осадки средней (S_0 около 2) или плохой ($S_0 > 3$) сортированности (рис. 9.2.10).

Осадки на ст. 5412 и 5414 имеют смешанный гранулометрический состав, представлены алеврито-пелитовым илом темно-серо-коричневого цвета (5Y/3/2) с примесью большого количества хорошо окатанного песчаного, гравийного, галечного и валунного материала. Осадки ст. 5416 содержат 74.32% крупнозернистого материала (>1 мм). Возможным способом его переноса является ледовый разнос. Эти

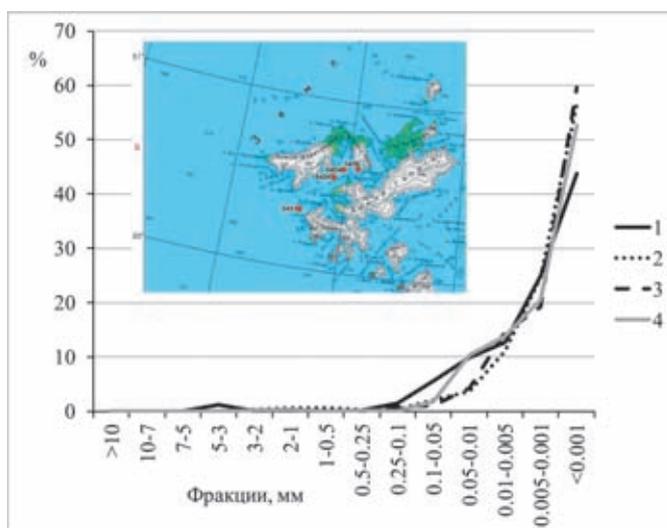


Рис. 9.2.8. Содержание гранулометрических фракций в поверхностном слое осадков в проливе Кембридж, Земля Франца-Иосифа.

Станции: 1 – 5453, 2 – 5454, 3 – 5455, 4 – 5456. На вставке – карта-схема расположения станций в проливе

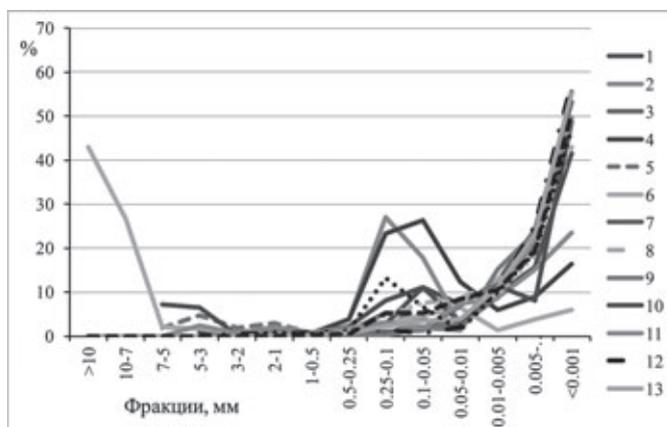


Рис. 9.2.9. Содержание гранулометрических фракций в поверхностном слое осадков в центральной части Баренцева моря.

Станции: 1 – 5411, 2 – 5412, 3 – 5413, 4 – 5414, 5 – 5415, 6 – 5416, 7 – 5417, 8 – 5418, 9 – 5421, 10 – 5422, 11 – 5568, 12 – 5569, 13 – 5570, 14 – 5571, 15 – 5572, 16 – 5573

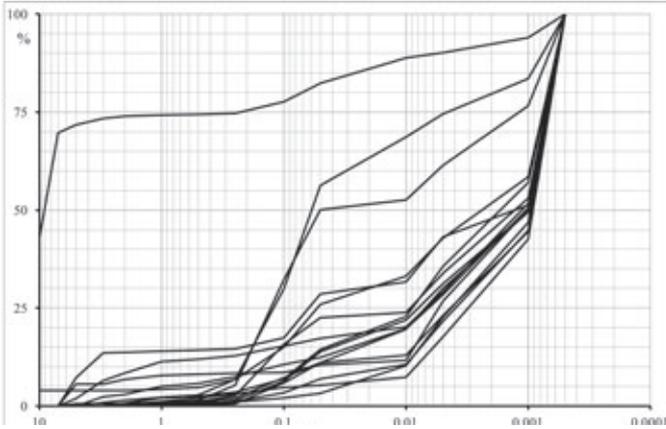


Рис. 9.2.10. Примеры кумулятивных кривых гранулометрического состава поверхностных донных отложений центра Баренцева моря

станции находятся вблизи архипелага Новая Земля, который поставляет грубообломочный материал как водотоков, так и ледников, а также ледового припая. Хорошая окатанность крупных обломков может быть обусловлена волновым воздействием на них в пляжевой области, откуда далее они могли бы переноситься с припайными льдами и захораниваться в центре моря.

Залив Русская Гавань (Новая Земля), расположенный на севере архипелага, состоит из двух бухт (Воронина и Откупщикова), разделенных полуостровом

Горякова. Бухта Откупщикова в своей кутовой части представлена крутым обрывом ледника Шокальского – одного из выводных языков области покровного оледенения Северного острова архипелага [Корякин, 1988]. Именно ледник является самым значимым источником осадочного вещества для залива.

В заливе Русская Гавань осадки отобраны на глубинах 60–176 м (табл. 9.2.1, рис. 9.2.11, 9.2.12). Донные отложения более глубоководных станций внутри залива: 5424 (176 м) и 5425 (153 м) – представлены однородным, мягким, пластичным пелитовым илом серого цвета (5Y/5/1), в них присутствует гидротроилит, зафиксированы крупные полихеты без чехлов.

Гранулометрический анализ этого материала показал, что доля песчаных и алевритовых фракций в нем очень мала, основную часть терригенного материала составляют пелитовые илы. Это наиболее тонкий тип осадков, содержащий от 93.98 до 96.2% фракции <0.01 мм. Гравийные отложения встречаются на глубинах 60 и 151 м на станциях, расположенных вне залива. Осадки ст. 5427 представлены песчано-алеврито-пелитовым илом темного зелено-серого цвета (Gley1/4/10Y) с примесью гравийного и галечного материала. Большая часть обломков пород имеет хорошую окатанность, материал покрыт розовой карбонатной коркой, красными водорослями. На обломках пород наблюдаются баянусы и мшанки. Осадки ст. 5423 – это песчано-алеврито-пелитовый ил темно-

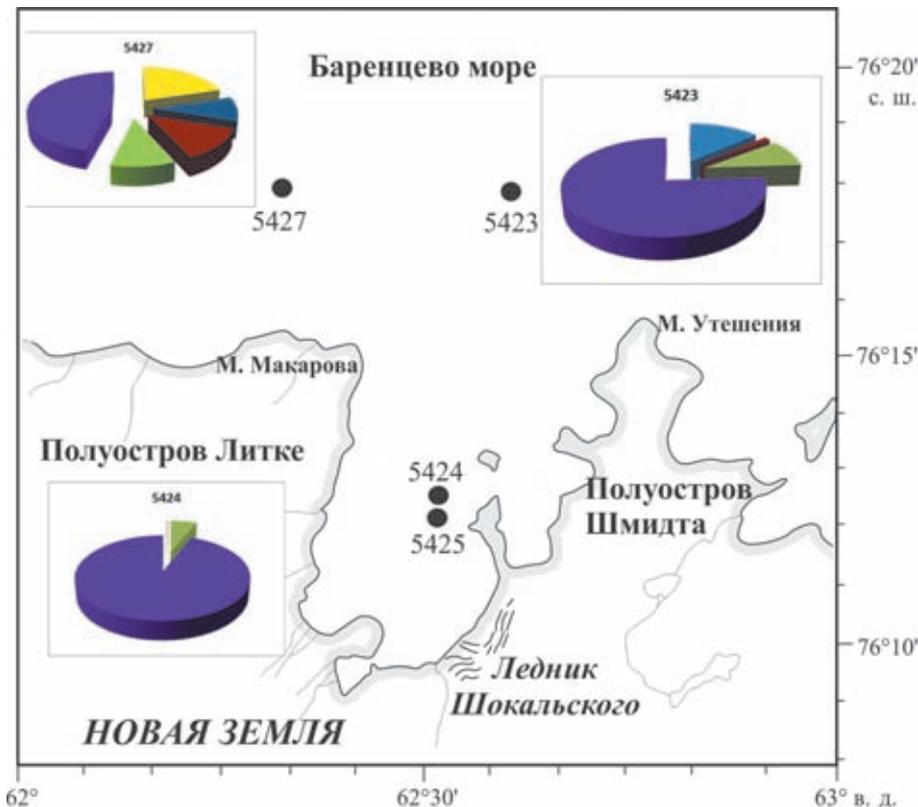


Рис. 9.2.11. Карта залива Русская Гавань (архипелаг Новая Земля) и содержание гранулометрических фракций в поверхностном слое донных осадков на ст. 5423, 5424, 5427.

Фракции: желтый – галька, голубой – гравий, красный – песок, салатный – алеврит, фиолетовый – пелит

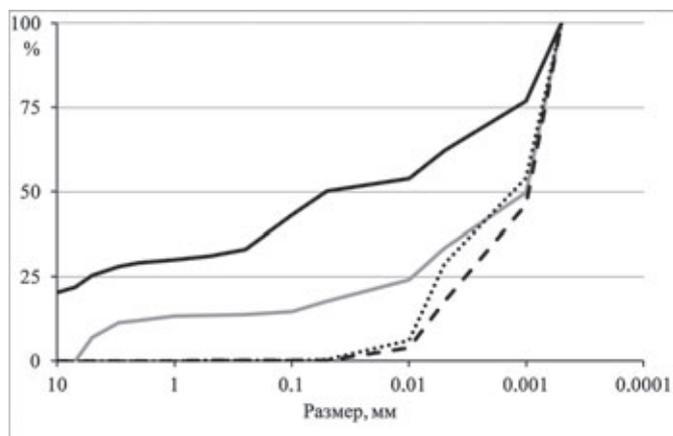


Рис. 9.2.12. Примеры кумулятивных кривых гранулометрического состава поверхностного слоя донных осадков залива Русская Гавань (Новая Земля)

серого цвета (5Y/4/1) с примесью гравийного материала, в осадке наблюдаются полихеты и их чехлы.

Таким образом, влияние ледников Новой Земли на осадкообразование в северной части бассейна достаточно велико, оно проявляется не только в разном обломочном материале ледниковыми глыбами, но и поступлением в море тонкодисперсного материала при таянии ледников [Павлидис и др., 1998; Politova et al., 2012].

Восточная граница моря. На востоке, между архипелагами Новая Земля и Земля Франца-Иосифа, преобладали пелитовые осадки (табл. 9.2.1, рис. 9.2.13). Примеси алевроитового или песчаного материала отмечены на станциях с меньшими глубинами (5564 и 5566), где, вероятно, гидродинамический режим более активен.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ

Минеральный состав осадков изучался различными взаимодополняющими методами. По результату экспресс анализа было выявлено, что он зависит от гранулометрического состава и географического расположения проб.

В Медвежинском желобе состав осадка полевошпатово-кварцевый с небольшой примесью слюд и обломков пород. В сторону Норвежского моря идет увеличение количества фораминифер в смер-слайдах. На ст. 5434 количество фораминифер достигает четверти от площади всего смер-слайда, а на ст. 5429–5431 встречены только единичные фораминиферы. Другие органические компоненты представлены редкими спикулами губок, иглами радиолярий и небольшим (до 1%) количеством органического детрита. Минералы тяжелой фракции присутствуют в малых количествах и в основном представлены руд-

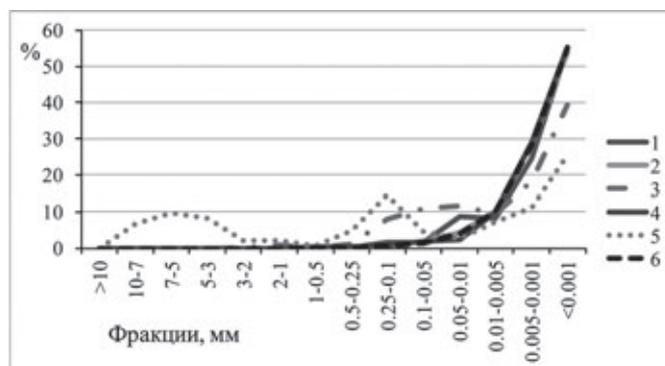


Рис. 9.2.13. Гранулометрический состав поверхностных донных осадков на северо-восточной границе Баренцева моря.

Станции: 1 – 5562, 2 – 5563, 3 – 5564, 4 – 5565, 5 – 5566, 6 – 5567

ными минералами, эпидотом, гранатом и роговой обманкой. Также встретились апатит, циркон, сфен, авгит и турмалин. Компоненты осадка железнены (рис. 9.2.14, 9.2.15).

На Норвежско-Шпицбергенском разрезе минеральный состав осадка схож, но отмечено большее количество обломков горных пород. Органические компоненты встречаются на каждой станции в значительном количестве от 5 до 15% и представлены фораминиферами, спикулами губок и редкими иглами радиолярий (рис. 9.2.16).

Осадок в заливе Русская Гавань Новой Земли по составу минералов легкой подфракции – полевошпатово-кварцевый. Были найдены редкие неопределенные обломки органического карбоната, единичные иглы радиолярий и спикулы губок, также в небольшом количестве присутствуют органический детрит (до 1%), рудные минералы и обломки пород. Минералы тяжелой фракции были найдены в единичном количестве – циркон, эпидот, турмалин, апатит (рис. 9.2.17).

Северный разрез Шпицберген – Земля Франца-Иосифа аналогично с другими районами обладает полевошпатово-кварцевым составом минералов легкой подфракции. В осадке присутствуют следы окисления. Органические компоненты представлены редкими радиоляриями, их иглами и спикулами губок, присутствуют обломки карбонатных организмов. Минералы тяжелой фракции представлены роговой обманкой, чернорудными минералами, пироксенами. На ст. 5448 и 5450 присутствует гранат. На ст. 5448 и далее по разрезу в сторону Земли Франца-Иосифа появляются железо-марганцевые микроконкреции (рис. 9.2.18).

Если сравнивать результаты исследования смер-слайдов и изучения крупноалевритовой фракции

под бинокляром, заметно, что доля полевых шпатов существенно понижается после фракционирования. Это, вероятно, связано с большей устойчивостью кварца к разрушению (в смер-слайдах есть возможность просматривать более тонкий материал). При просмотре фракций под бинокляром подтвердилась зависимость минерального состава от положения изучаемого материала в Баренцевом море. Наиболее явно зависимость проявилась в минералах тяжелой подфракции.

В Медвежинском желобе состав фракции преимущественно кварцевый. Количество полевых шпатов невелико и достигает 6%, обломки пород встречаются повсеместно в малых количествах (1–4%),

присутствуют слюды (рис. 9.2.19). Органогенные компоненты в малом количестве представлены фораминиферами, спикулами губок и редкими остракодами. Минералы тяжелой фракции представлены эпидотом, гранатом, магнетитом, роговой обманкой, единичными пироксенами и сфеном. Осадок на ст. 5434 – исключение; здесь фракции почти целиком состоят из фораминифер.

На Норвежско-Шпицбергенском разрезе от станции к станции прослеживается тенденция изменения состава минералов тяжелой подфракции. У побережья Скандинавии в составе присутствуют гранат, магнетит, роговая обманка, единичные пироксены и эпидот. К Шпицбергену пропадает гранат и появ-

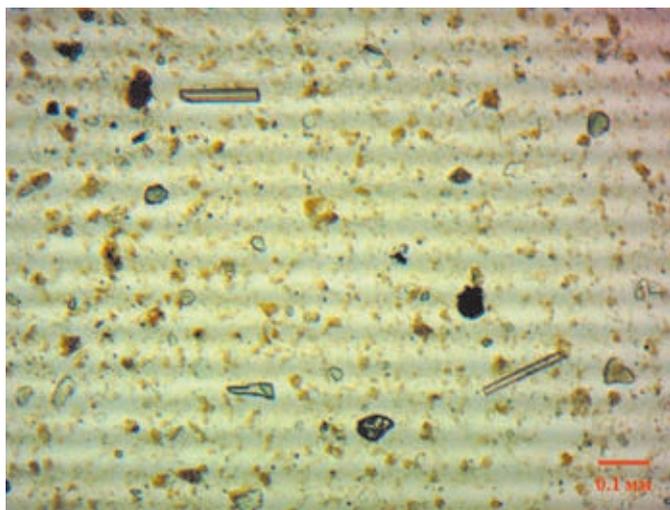


Рис. 9.2.14. Спикулы губок, органические включения, зерна кварца, ПШ, обломки пород, эпидот, слюда, роговая обманка

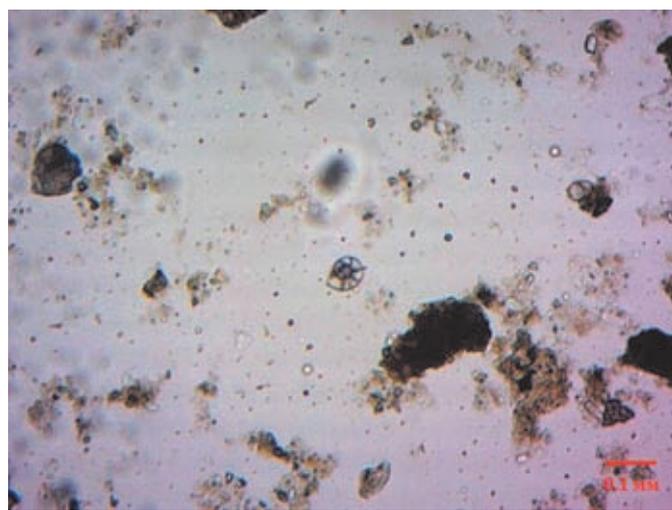


Рис. 9.2.15. Раковины фораминифер, органические включения, зерна кварца, обломки пород. Ожелезнение, рудные минералы

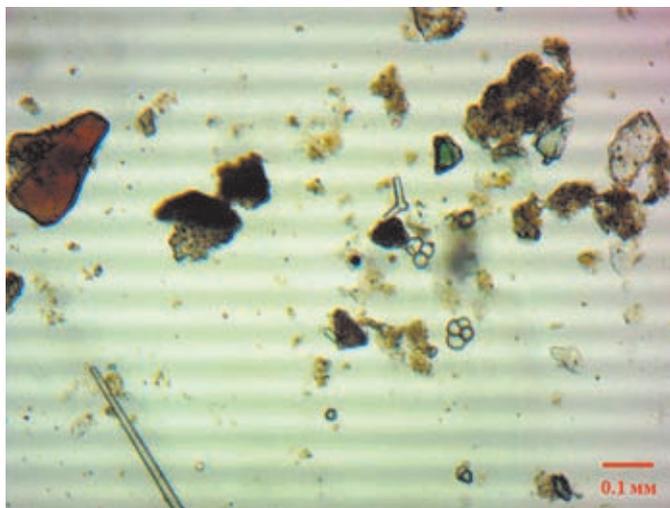


Рис. 9.2.16. Целые раковины форминифер и их обломки, спикулы губок, зерна кварца, обломки пород. Ожелезнение

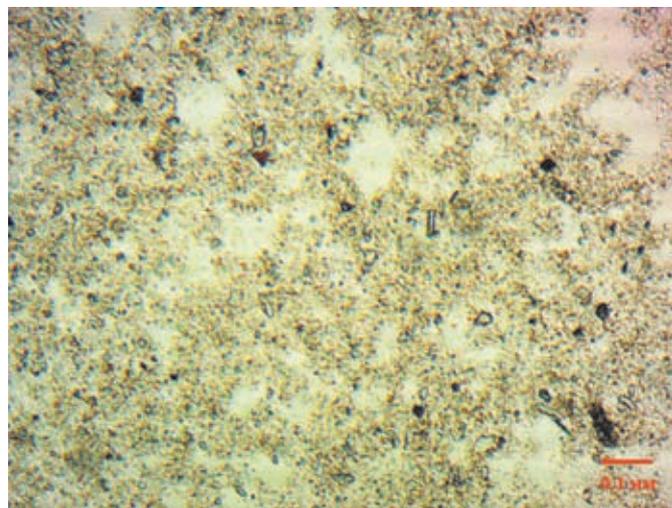


Рис. 9.2.17. Пелитовый материал с включениями органики, кварца, рудных минералов, роговой обманки, слюды мелкоалевритовой размерности

ляется хлорит, увеличивается количество пироксенов. На ст. 5441 встречаются единичные зерна сфена и турмалина. Состав минералов легкой подфракции преимущественно кварцевый, у побережья Скандинавии присутствуют полевые шпаты в количестве до 5%. Небольшое количество обломков горных пород увеличивается к Шпицбергену. Органогенные компоненты наиболее разнообразны и многочисленны у побережья Скандинавии на ст. 5435. Они представлены фораминиферами, раковинным детритом, остракодами, остатками иглокожих и спикулами губок. На остальных станциях органогенные компоненты присутствуют в виде фораминифер, спикул губок и редких остракод (рис. 9.2.20, 9.2.21).

Изученная фракция осадков на северном разрезе Шпицберген – Земля Франца-Иосифа также обладает

преимущественно кварцевым составом в легкой подфракции. Содержание полевых шпатов здесь выше, чем в остальных изученных районах и варьирует в пределах от 3 до 11%. Присутствуют редкие чешуйки слюд. Этот район наиболее беден органогенными компонентами, здесь встречаются в крайне малых количествах фораминиферы и спикулы губок. На ст. 5448, 5450, 5452 и 5456 встречаются корки и трубочки ожелезнения. На ст. 5456 в осадке в большом количестве присутствуют железо-марганцевые конкреции. Тяжелая подфракция представлена хлоритом, роговой обманкой, магнетитом и пироксеном. Встречаются единичные зерна сфена, турмалина и циркона. На ст. 5448, 5450 и 5452 тяжелая подфракция представлена гранатом, магнетитом, пироксеном и эпидотом (рис. 9.2.22, 9.2.23).

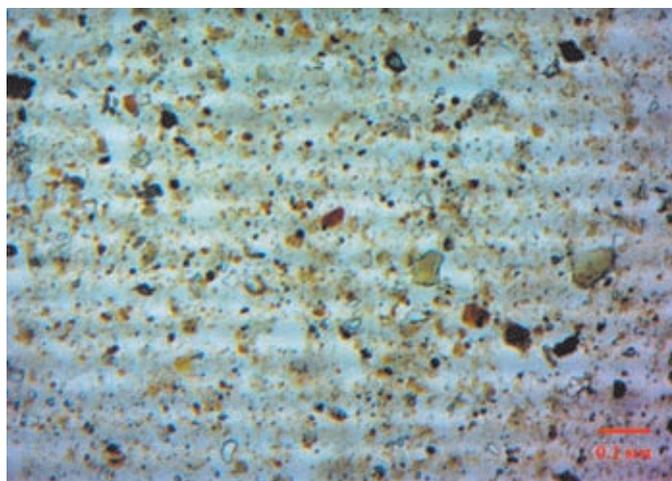


Рис. 9.2.18. Пелитовый материал с примесью органики, зерен кварца, ПШ, роговой обманки, обломков пород, слюды, ЖМК



Рис. 9.2.19. Фракция мелкого песка в осадках Медвежинского желоба



Рис. 9.2.20. Фракция мелкого песка в осадках разреза Норвегия – Шпицберген



Рис. 9.2.21. Органогенные компоненты в осадках разреза Норвегия – Шпицберген



Рис. 9.2.22. Мелкопесчаная фракция на западе субширотного разреза Шпицберген – Земля Франца-Иосифа



Рис. 9.2.23. Мелкопесчаная фракция на востоке субширотного разреза Шпицберген – Земля Франца-Иосифа (пролив Кембридж)

Анализ содержания глинистых минералов в верхнем слое донных осадков показал, что в них преобладает иллит, на западе моря появляются смектиты (в основном щелочного типа, т. е. с преобладанием одновалентных межслоевых обменных катионов K^+ и Na^+) и каолинит, в Русской Гавани отмечено резкое увеличение содержания хлорита (железистого, хорошо раскристаллизованного). В осадках пролива Кембридж глинистые минералы имеют смешанный состав с преобладанием иллита и смектита (двух типов – щелочного и щелочноземельного).

В табл. 9.2.2 приведены результаты рентгенофазового анализа по валовому образцу, а в табл. 9.2.3 – результаты по исследованию глинистых минералов на нескольких станциях ключевых районов. Можно отметить, что образцы различаются как внутри одного района, так и между ними.

На ст. 5424 в Русской Гавани осадки хлорит-иллитовые, около четверти составляет кварц, присутствуют полевые шпаты в пределах 14–15%. Полевые шпаты представлены КПШ и альбитом. Присутствует мусковит, причем в значительных количествах на поверхности (15%), на горизонте 1–2 см его содержание сокращается более чем в 2 раза. В концентрации не более одного процента были найдены эпидот, кальцит, доломит и смешаннослойные глины.

В Медвежинском желобе преобладающим минералом является кварц за исключением ст. 5434, там преобладают карбонаты. Полевые шпаты представлены КПШ и альбитом, суммарное количество которых изменяется по станциям от 21 до 28%. В осадке также присутствует мусковит в количестве до 13%, кроме горизонта 0–1 см колонок 5431 и 5434. Состав глин аналогичен результатам рентгенофазового ана-

лиза пелитовой фракции. Анализ показал наличие амфиболов и пироксенов в составе осадка. Во всех колонках кроме колонки со ст. 5429 были найдены карбонаты.

Осадки на ст. 5436, 5437 и 5441 существенно различаются между собой. На ст. 5436 – это карбонатно-глинисто-мусковит-полевошпатово-кварцевый осадок с незначительной амфиболовой примесью. Полевые шпаты здесь представлены КПШ, альбитом и анортитом. Состав глин хлорит-иллитовый с примесью каолинита и смешаннослойных глин.

Осадок на ст. 5437, по данным анализа, глинисто-кварц-полевошпатово-карбонатный с примесью мусковита. Полевые шпаты представлены КПШ и альбитом. Состав глин каолинит-хлорит-иллитовый с примесью смешаннослойных глин.

На ст. 5441 осадок различается на обоих изученных горизонтах. На горизонте 0–1 см он полевошпатово-кварцево-глинистый с незначительной примесью пироксена, эпидота и карбонатов; а на горизонте 1–2 см – полевошпатово-глинисто-кварцевый с незначительной примесью пироксенов и амфиболов. Полевые шпаты здесь представлены КПШ и альбитом, на горизонте 0–1 см присутствует анортит. Состав глин каолинит-иллит-хлоритовый на горизонте 0–1 см и смектит-каолинит-хлорит-иллитовый на горизонте 1–2 см.

В осадках северного разреза также есть различия от станции к станции, но не такие существенные. На ст. 5448 – это полевошпатово-глинисто-кварцевый осадок с незначительной примесью амфиболов и эпидота. Полевые шпаты здесь представлены КПШ и альбитом. Состав глин смектит-каолинит-хлорит-иллитовый с примесью смешаннослойных глин.

Таблица 9.2.2. Результаты рентгенофазового анализа проб донных осадков

Кварц	5407	48	28	44	49	41	30	26	27	32	22	40	34	37	26	12	42	18	38	35	41	35	49	25	27	20	23	5456
	5411	8	9	13	7	13	6	9	6	6	3	8	7	6	9	7	10	8	6	6	9	8	8	6	4			5454
Альбит	5412	12	20	19	16	23	14	17	19	15	12	18	15	18	19	9	8	13	18	21	17	15	21	14				
	5413															5	4								есть	9		
Анортит	5414																											
Андезин	5415																											
Амфибол	5416	3	3	3	3		2	4	3	3		2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2						
Пироксен	5417	2	4		2	2	2	3		2		2	2	1	4				2	2	2			2	4	6	8	
Мусковит	5418		11				9	7		9	7	9	10	10	13	10	12	7		9	8							
Эпидот	5419						3	1	3		1												4					
Кальцит	5420	1						1			1	1	1	1	4	39	9	37			1							
Арагонит	5421												1				1	1										
Доломит	5422	1	1	1	1			1			1		1	1	1	1		1	1	1	1	2						
Смектит	5423	4	5	1	1	2		8	5	5		4	5	4		2			5	4	3	4	2	7	10	18	17	
Иллит	5424	9	10	14	10	13		18	13	10		8	10	9	14	5	8	6	12	8	8	14	10	11	8	12	11	
Хлорит	5425	9	4	3	7	3	27	7	12	9	48	4	6	6	3	3	2	3	8	4	6	10	5	9	7	10	13	
Каолинит	5426	1	4	2	4	2	5	7	6	6		4	5	4	3	3	1	3	7	3	4	8	3	8	6	8	9	
ССО	5427		сл.	сл.	сл.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	сл.	2	1	1					1	
Гипс	5428	1																										
Цеолит	5429	1							4	2														3	4	5	7	

Примечание. КПШ – калиевый полевой шпат, ССО – смешаннослойные образования иллит-смектит, хлорит-смектит.

На ст. 5450 осадок различается на обоих изученных горизонтах. Горизонт 0–1 см полевошпатово-кварцево-глинистый с примесью мусковита и незначительной примесью пироксенов, амфиболов и эпидота; а на горизонте 1–2 см – глинисто-полевошпатово-кварцевый с незначительной примесью эпидота. Полевые шпаты здесь представлены КПШ и альбитом. Состав глин каолинит-иллит-хлоритовый.

На ст. 5452 осадок кварцево-полевошпатово-глинистый с примесью мусковита и незначительной примесью пироксенов, амфиболов и цеолитов. Полевые шпаты здесь представлены КПШ, альбитом и андезином. Состав глин смектит-каолинит-хлорит-иллитовый.

Осадок на ст. 5453 кварцево-глинисто-полевошпатовый с незначительной пироксеновой и цеолитовой примесью. Полевые шпаты представлены в основном андезином с небольшим количеством анортита. Состав глин каолинит-хлорит-иллит-смектитовый.

Отложения на ст. 5454 и 5456 кварцево-полевошпатово-глинистые с примесью пироксенов и цеолитов. Полевые шпаты представлены в основном андезином, а на ст. 5454 есть анортит. Состав глин каолинит-хлорит-иллит-смектитовый.

Таким образом, изучение минерального состава поверхностных осадков позволило сделать выводы о питающих провинциях моря. На суше и островах Баренцева моря распространены различные по тектоническому положению области сноса терригенного материала, в пределах которых распространены различные петрографические типы пород. Результаты минералогического и рентгенофазового анализов позволили установить особенности минерального состава изученных осадков и выявить ряд терригенно-минералогических провинций в исследуемых районах. Наиболее четко можно выделить районы по минералам тяжелой фракции. Так, источником для Медвежинского желоба и акватории южнее него, вероятно, является материал, поступающий с Кольского полуострова. В данном районе присутствует эпидот-гранат-чернорудно-роговообманковая ассоциация минералов тяжелой фракции. Единственным источником гранатов для этого района является Кольский полуостров, также в породах полуострова велика концентрация роговой обманки. Состав глин в этом районе в основном хлорит-каолинит-иллитовый и каолинит-хлорит-иллитовый, за исключением района у берегов Скандинавии и в Норвежском море.

Таблица 9.2.3. Результаты рентгенофазового анализа глинистых минералов

Станция	Смектит	Иллит	Каолинит	Хлорит
5424	0	63	0	37
5429	14	55	17	14
5430	22	50	15	13
5432	8	53	19	20
5454	39	33	15	13

В составе глин в Медвежинском желобе присутствует большое количество каолинита (до 35%). Каолинит образуется преимущественно экзогенным путем при выветривании различных алюмосиликатов в кислой среде или при гидротермальном изменении полевошпатовых пород. Наличие повышенного содержания каолинита в осадке указывает на привнос из древних кор выветривания, вероятно, с Кольского полуострова.

Севернее Медвежинского желоба, восточнее Шпицбергена и у Земли Франца-Иосифа состав минералов тяжелой фракции схож между собой и представлен хлорит-роговообманково-чернорудно-пироксеновой ассоциацией. Состав глин ближе к Шпицбергену смектит-каолинит-хлорит-иллитовый, а у Земли Франца-Иосифа – каолинит-хлорит-иллит-

смектитовый. В данных районах сомнений по источникам питания не может быть; это близлежащие архипелаги. Большое содержание смектита в районе Земли Франца-Иосифа объяснимо наличием плато базальтов на архипелаге. Смектит, появление которого в полярных морях связывают с деятельностью рек (Северной Двины в Белом море, Оби и Енисея – в Карском, Лены – в море Лаптевых) [Калиненко, 2001], в Баренцево море поставляется также морскими течениями из соседних морей, а не только ледниками архипелага Земля Франца-Иосифа.

Западнее Земли Франца-Иосифа до острова Белый есть зона, в которой влияние Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа на состав минералов тяжелой фракции не выявлено. Здесь тяжелая фракция представлена эпидот-гранат-чернорудной ассоциацией.

Объяснить столь широкое распространение граната в Баренцевом море тяжело. Исследователи отмечают, что высокие концентрации устойчивых минералов приурочены к речным палеодолинам в районах высокой современной динамической активности придонного слоя воды и значительного горизонтального градиента скорости придонных течений [Гуревич, 2002]. В этой ситуации можно предположить участие ледового разноса в процессе переноса гранатов. О возможности такого способа распространения говорит циклоническая схема поверхностных течений, охватывающих источник и области распространения гранатов в Баренцевом море. Также не исключен вариант распространения материала ледниками последнего оледенения, после отступления которых материал был распределен современными процессами в море.

В заливе Русская Гавань безусловно влияние ледника Шокальского как источника питания. Минералы тяжелой фракции представлены пироксен-роговообманково-чернорудной ассоциацией, а состав глин – хлорит-иллитовый.

В изученных районах низкая роль биоса в формировании осадков. Сложные природные условия являются значительной преградой для процветания жизни, особенно карбонатной, в Баренцевом море. Однако по мере продвижения на запад увеличивается количество и разнообразие биогенных компонентов в осадке, что объясняется влиянием теплых атлантических вод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Характерной чертой донных осадков Баренцева моря является резкое преобладание в них терригенного разнозернистого материала, поступающего с суши в результате разрушения коренных и осадочных пород. Его основными источниками являются Кольская, Тимано-Печорская, Новоземельская питающие провинции, а также, в меньшей степени, архипелаги Земля Франца-Иосифа и Шпицберген [Павлидис и др., 1998]. Содержание биогенного карбонатного материала в целом невелико, но в некоторых районах концентрации его повышены. Примесь биогенных частиц (раковин или их обломков) наблюдалась на станциях, близких к берегу, или банках в южной части моря. На континентальном склоне на границе Норвежского и Баренцева морей встречены типично океанские осадки с большим количеством биогенных частиц (раковин моллюсков, фораминифер). Гранулометрический состав донных отложений зависит от источников их поступления (речной сток, абразия, процессы ледового осадкообразования (ледовый и айсберговый разнос)) и от интенсивности гидродинамических процессов.

При изучении ледового разноса отмечено, что в весовом отношении наибольшее количество крупно-обломочной фракции найдено у берегов архипелагов и континентальной Норвегии.

Полигонные исследования в акватории Баренцева моря помогли выявить большую изменчивость в распределении типов осадков. Общая закономерность циркумконтинентальной зональности в распределении гранулометрических типов осадков сильно искажается другими факторами, влияющими на осадко-накопление: течениями, рельефом, ледниками.

Крупнообломочный материал (валунно-галечно-гравийный) преобладает у побережий Кольского полуострова, Шпицбергена, Новой Земли. Песчаный материал распространен в юго-восточной части моря и на границе с Норвежским морем. В Печорском море встречены хорошо сортированные «чистые» пески. Алевритовая и пелитовая фракции встречаются как в прибрежной зоне, так и в центральных глубоководных областях моря. Наиболее распространенными на шельфе Баренцева моря являются пелитовые осадки с преобладающей фракцией и медианным диаметром <0.01 мм. Они включают ряд литологических типов, таких как песчано-алевритово-пелитовые, алевритово-пелитовые и собственно пелитовые илы, состоящие на 90% частиц пелитовой размерности. Эти осадки широко развиты в центральной части моря и во всех относительно глубоководных котловинах, а также встречены в бухтах и проливах Новой Земли и Земли Франца-Иосифа, находящихся в непосредственной близости от ледников, поставляющих в море тонкий осадочный материал («ледниковое молоко»).

Высокий процент тонкого материала терригенного происхождения объясняется следующими причинами. Во-первых, основная осадкообразующая роль в северной и восточной частях Баренцева моря принадлежит пелитовому материалу, поставляемому ледниками архипелагов. Во-вторых, гидродинамическая обстановка в бассейне такова, что транспортирующей силы течений хватает для переноса только наиболее тонкого материала. В-третьих, система течений в Баренцевом море имеет замкнутый циклонический характер, вследствие чего тонкий материал не выносится за пределы шельфа.

Также нужно отметить, что в Баренцевом море довольно часто были встречены осадки смешанного гранулометрического типа (миктиты), что может быть результатом смешения материала из различных источников.

Поверхностные донные осадки Баренцева моря преимущественно терригенные. Биогенная составляющая увеличивается лишь к границе с Норвежским

морем, где велико влияние теплых атлантических вод. В осадках преобладают полевошпат-кварцевые минералы, в составе тяжелой фракции присутствуют чернорудные минералы, гранат, магнетит, амфиболы, роговая обманка, пироксены, эпидот. Анализ содержания глинистых минералов в верхней части донных осадков показал, что в них преобладает иллит, на западе моря появляются смектиты и каолинит, в Русской Гавани отмечено резкое увеличение содержания хлорита. В осадках пролива Кембридж глинистые минералы имеют смешанный состав с преобладанием иллита и смектита.

Источники финансирования. Обработка мате-

риала проводилась в рамках базовой темы Госзадания ИО РАН № 0149-2019-0005 при поддержке Российского научного фонда (проект № 20-17-00157); подготовка статьи выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-05-50090). Экспедиционные исследования выполнены при поддержке госбюджета (финансирование морских экспедиций) и Российского научного фонда (проект № 14-27-00114 – 67 рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш», проект № 14-50-00095 – 68 рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш»; проект № 19-17-00234 – 75 рейс НИС «Академик Мстислав Келдыш»).

9.3. Некоторые геохимические особенности макроэлементного состава поверхностного слоя донных осадков Баренцева моря

В.В. Гордеев, Л.Л. Демина, Т.Н. Алексеева

Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, Москва

В разделе представлены результаты определения макроэлементного состава методом рентгено-флюоресцентного анализа 34 проб поверхностных донных осадков Баренцева моря. Рассмотрены основные источники поставки осадочного материала в море – речной сток, эоловые выпадения и другие. Показано, что имеющиеся собственные и литературные данные не позволяют дать адекватную оценку баланса поступающего осадочного материала. Сопоставление состава донных осадков (песков, алевритов, пелитов) с составом преобладающих пород водосборного бассейна показало, что преобладает снос терригенного материала. Детально рассмотрены взаимосвязи между всеми макроэлементами в донных осадках и их гранулометрическим составом. Установлено, что для всех элементов, кроме марганца, имеют место известные зависимости от величины пелитовой фракции осадков – увеличение содержания для всех элементов с ростом доли пелитов, за исключением SiO_2 и CaO , которые отличаются высокими содержаниями в грубых фракциях. Необычно ведет себя марганец. Для образцов осадков из юго-западной части моря его содержание почти не зависит от пелитовой фракции, что весьма неожиданно, тогда как осадки северо-восточной части моря значительно обогащаются марганцем, достигая величин 1–1.5%. Обсуждаются причины такого распределения этого металла. На основе полученных данных построены фрагменты карт распределения в осадках окислов железа, алюминия и марганца. Делается заключение о том, что новые данные подтверждают классический тип преобладающего терригенного осадкообразования в Баренцевом море.

Ключевые слова: макроэлементы, донные осадки, гранулометрический состав, геохимия.

DOI: 10.29006/978-5-6045110-0-8/(30)

ВВЕДЕНИЕ

Баренцево море, наряду с Белым, Балтийским, Черным и Каспийским, вошло в программу комплексного изучения морей России, возглавляемую академиком РАН А.П. Лисицыным. По состоянию на 2018 г. по результатам этой программы, а также программы «Система Белого моря» (2000–2016 гг.), вышли из печати 4 тома монографии по Белому морю (2010, 2012, 2013, 2017) и, кроме того, по одному тому по Балтийскому (2016), Каспийскому (2017) и Черному (2018) морям.

Настоящий раздел является составной частью

коллективной монографии «Система Баренцева моря», завершающей серию монографий по итогам упомянутой программы.

Баренцево море – сравнительно мелководное окраинное море Западной Арктики (средняя глубина 222 м, максимальная 600 м). Оно по многим характеристикам заметно отличается от других морей, рассматриваемых в упомянутой выше программе. Отметим, по крайней мере, два важных отличия. Во-первых, Баренцево море в основном граничит с другими морями [Михайлов и др., 2007]. В условиях, когда