

УДК 552.5.551.7 (268.9)

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ ИЛОВ С СЕВЕРНОГО ПОЛЮСА

© 2008 г. Е. А. Гусев, С. Г. Сколотнев, Г. Н. Александрова, М. Е. Былинская, Л. А. Головина, Н. И. Запорожец, А. А. Лайба, С. М. Ляпунов, Э. П. Радионова

Представлена академиком Ю.Г. Леоновым 06.03.2008 г.

Поступило 07.04.2008 г.

В ходе высокоширотной глубоководной арктической экспедиции, состоявшейся в июле–августе 2007 г. под руководством А.Н. Чилингарова, с борта нэс “Академик Федоров” непосредственно вблизи Северного полюса в точке с координатами 89°59′10,9″ с.ш., 32°19′13,8″ в.д. с глубины 4165 м с помощью бокс-корера был поднят керн донных осадков мощностью 50 см (станция АФ-2007/1) (рис. 1). Геологически точка опробования располагается в северной части океанической котловины Амундсена непосредственно вблизи северо-западного склона подводного хребта Ломоносова.

Осадки представлены однородными тонкими водонасыщенными илами шоколадного цвета. Изучение минерального и химического составов подтвердило однородность илов по всему вскрытому разрезу. Минеральный состав изучался рентгенофазовым методом. Анализ дифрактограмм (рис. 2) показывает, что илы состоят из кварца, слюды, каолинита, плагиоклаза, смектита и хлорита. Кварц диагностируется по отражениям 4.26 и 3.35 Å, плагиоклаз – 3.19 Å, слюда по отражению 9.99 Å, которое не изменяется ни при прокаливании образца, ни при насыщении его глицерином, хлорит – 7.08 Å в природном образце (рис. 2а) и 14.25 и 7.13 Å в образце, насыщенном глицерином (рис. 2б), и ослаблению этих пиков в прокаленном образце (рис. 2в), смектит – 14.25 Å в природном образце (рис. 2а), 17.85 Å в образце, насыщенном глицерином (рис. 2б); каолинит единственный из всех глинистых минералов сохраняется в образце, обработанном соляной кислотой, – отражения 7.16 и 3.57 Å (рис. 2г).

Химический состав илов (табл. 1) изучался методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА).

Анализ показал, что сильно водонасыщенные горизонты обогащены натрием и хлором. Эти образцы исключены из рассмотрения. В остальных образцах вариации петрогенных элементов невелики.

Исходя из минерального и химического составов илов, произведена оценка количественного состава слагающих илы минералов: кварц 30%, плагиоклаз 10%, слюда 25%, каолинит 15%, хлорит 5%, смектит 15%.

Микропалеонтологический анализ показал наличие фораминифер во всех образцах и наннофоссилий в отдельных слоях вскрытых осадков. Эти находки свидетельствуют, в частности, о том, что с позднеледникового времени и доныне в ледовом покрове периодически возникали полыньи или отсутствовал мощный ледовый покров. Резкое увеличение количества известковых микроорганизмов на уровне 14 см и дальнейший рост их числа вверх по разрезу фиксируют переход от последнего оледенения к голоцену. Наибольшая концентрация находок наннофоссилий *Emiliana*

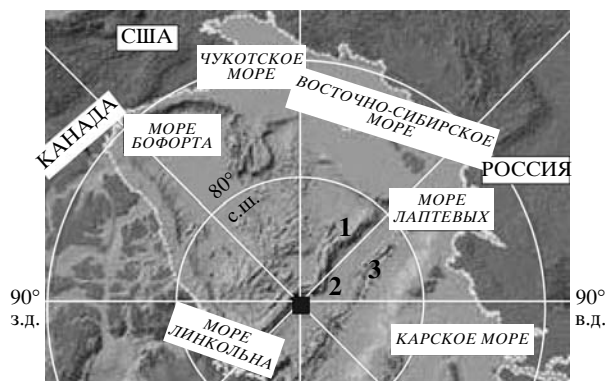


Рис. 1. Положение точки отбора в структуре дна Северного Ледовитого океана (показана черным квадратом). Цифрами обозначены: 1 – хребет Ломоносова, 2 – абиссальная котловина Амундсена, 3 – хребет Гаккеля. Схема выполнена на основе рисунка, помещенного на сайте: <http://www.geo.su.se/forskning/marin-geovetenskap/projekt/ioldp-acexh>.

Всероссийский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана, Санкт-Петербург
Геологический институт
Российской Академии наук, Москва
Полярная морская геологоразведочная экспедиция,
Ломоносов Ленинградской обл.

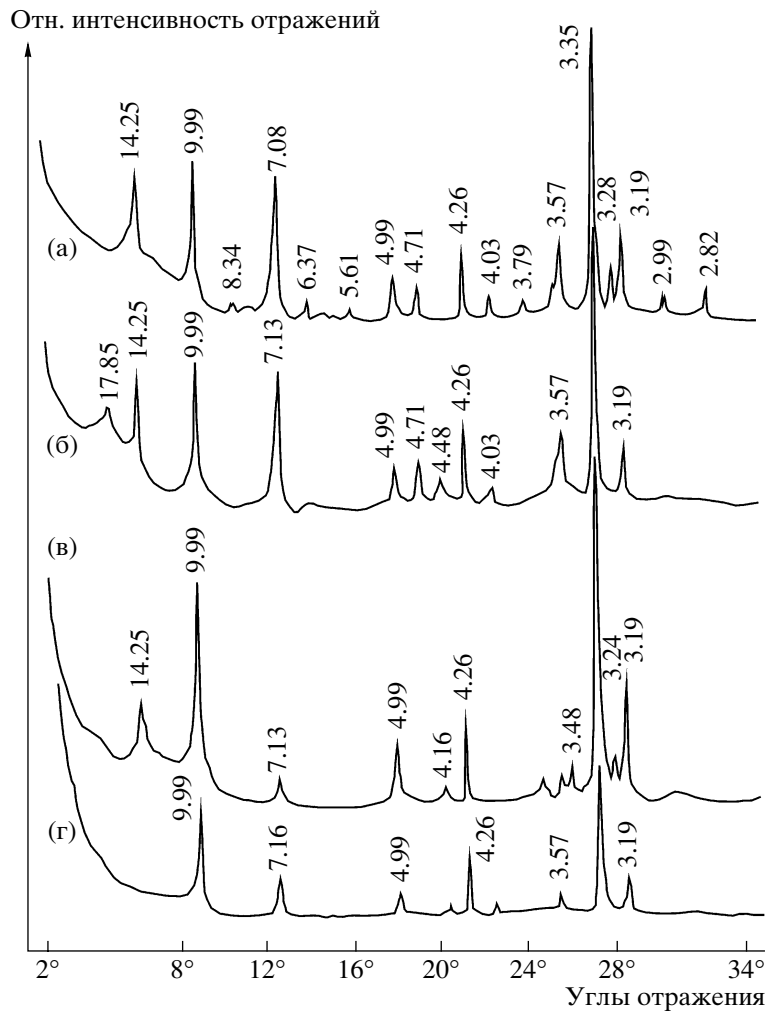


Рис. 2. Дифрактограммы обр. AF2007/1 (горизонт 8–10 см): а – природного, б – насыщенного глицерином, в – прокаленного, г – обработанного 10%-й соляной кислотой. Измерения и идентификация минералов проведены А.Л. Соколовой (ГИН РАН); дифрактометр D8 Advance X-ray Diffractometer фирмы “Bruker” (Германия). Цифры у пиков – величины отражений в ангстремах.

huxleyi, Coccolithus pelagicus, Gephyrocapsa sp., Reticulofenestra spp., обилие планктонных фораминифер Neogloboquadrina pachyderma sin и dex и находка бореальной Globigerinita glutinata в самом верхнем слое (0–2 см) свидетельствуют о существенном усилении влияния теплых атлантиче-

ских течений в Арктическом бассейне в течение последних 1–2 тыс. лет. Наряду с границей голоцена, датированной в Арктике 11.4 тыс. лет назад [1], в нижней части изученной колонки по фораминиферам и наннопланктону фиксируется эпизод относительного потепления, по-видимому соответствующий

Таблица 1. Химический состав (%) илов обр. AF2007/1

№ ан.	Горизонт, см	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	Сумма
1	17–20	56.4	0.87	13.8	6.74	0.22	2.4	1.16	2.5	2.8	0.17	0.16	1.39	88.7
2	23–26	53.9	0.74	14.6	6.84	0.20	2.7	1.14	2.6	2.9	0.14	0.14	1.73	87.5
3	36–38	52.4	0.77	15.5	8.10	0.61	2.7	0.86	1.6	2.9	0.19	0.20	0.98	86.9
4	Средний	54.2	0.8	14.6	7.2	0.3	2.6	1.1	2.2	2.9	0.2	0.2	1.4	87.7

Примечание. Определения выполнены методом РФА на приборе S4 Pioneer фирмы “AXS Bruker” (Германия), оператор Е.П. Шевченко (ГИН РАН). Анализ 4 – средний состав илов, подсчитанный как среднеарифметическое значение составов.

ющий интерстадиалу на уровне 24–28 тыс. лет назад. Таким образом, установлена самая северная ассоциация известкового планктона из известных до настоящего времени в северной части хр. Ломоносова [1].

Кремневые микроорганизмы – диатомеи, силикофлагеллаты, радиолярии, а также спикулы губок встречены в очень небольшом количестве только в интервале 0–5 см и включают как современные, так и переотложенные формы.

Современные виды диатомей представлены планктонными видами, типичными для арктических морей: *Paralia sulcata*, реже *Thalassiosira excentrica*, *Denticulopsis seminae*(?) [2], а также *Grammatophora arctica* – видом, представители которого обитают льды.

Среди переотложенных видов выделяются океанические и неритические виды. Океанические виды: *Synedra pulchella* (?), представляющий верхи среднего миоцена [3], и *Ruxilla prolongata* – вид, распространенный в низах олигоцена от Норвежского моря [4] до севера Тихоокеанского региона, и в том числе встреченный в разрезе скважин на хр. Ломоносова в рейсе 302 IODP [5].

Неритические диатомеи представлены плейстоценовыми видами *Hyalodiscus obsoletus*, *Coscinodiscus granulatus*, *Biddulphia rombus*(?), *Coscinodiscus octonarius*, *Lyrella lira*, *Synedra baculus*, среди которых три последних являются теплолюбивыми формами, и единичными обломками родов *Medlinia*, *Sheshukovia*, *Rhaphoneis*, *Stephanopyxis*, *Pseudopodosira*, *Paralia*, характерных для флоры верхнего палеоцена–нижнего эоцена, о чем свидетельствует наличие среди них *Ruxidicula moelleri* и *Coscinodiscus rayei*. Также имеются палеогеновые силикофлагеллаты из родов *Corbisema* и *Naviculopsis*. Неритические палеогеновые диатомеи широко распространены в ледниковых отложениях севера Европейской части России и Западной Сибири [6], и, таким образом, наличие неритических плейстоценовых и палеогеновых диатомей в илах свидетельствует о привносе вещества с территории данных регионов в ходе формирования глубоководных илов котловины Амундсена.

По всему разрезу колонки установлено присутствие палиноморф (табл. 2). Современная пыльца представлена карликовой березой (*Betula nana* L.), лещиной (*Corylus* sp.), соснами (*Pinus* sp.), елью (*Picea* sp.) и отмечается по всему разрезу в небольших количествах. Мхи (*Polypodiaceae*) и травянистые (*Chenopodiaceae*) встречены только в горизонтах 0–2 и 26–30 см.

Неоген-четвертичная пыльца представлена таксонами семейства *Betulaceae* (*Betula*, *Alnus*, *Carpinus*) и *Juglandaceae* (?*Juglans*), голосеменные – соснами (*Pinus* sp.), единично отмечено присут-

ствие умеренно теплолюбивых растений *Mugisaceae* (горизонт 17–20 см).

Переотложенные палиноморфы палеозойского, мезозойского и палеогенового возраста присутствуют в исследованных образцах. Среди спор палеозоя доминируют таксоны девонского возраста, массовая встречаемость которых установлена на уровне горизонта 13–15 см. Среди них присутствуют зональные виды одноименных зон девона: *Petiplectrotriletes tortus* Egorova (ранний–нижы позднего эйфельского яруса), *Geminospora extensa* (Naumova) Gao (живетский ярус) [7]. Присутствующие протосаккатные *Disaccites* sp. распространены в пермских отложениях. Мезозойские палиноморфы представлены *Gleicheniidites senonicus* Ross, *Stereisporites* sp., *Klukisporites* sp. и др., стратиграфический диапазон распространения которых отвечает поздней юре–мелу. Полученные материалы хорошо согласуются с данными, приведенными в работе [8], где описывается образец брекчии, поднятый на евразийском склоне хребта Ломоносова, состоящий из обломков неморских углистых алевролитов. Эти алевролиты, судя по палиноформам, имеют мезозойский возраст (юра–мел) и содержат переотложенные палеозойские палиноморфы.

Обращает на себя внимание присутствие в илах после их соответствующей обработки углистых частичек (см. табл. 2).

Анализ всех полученных результатов позволяет высказать некоторые соображения об источнике вещества, участвующего в составе илов. По данным М.А. Левитана и др. [9], донные илы глубоководных областей Северного Ледовитого океана имеют смешанное происхождение. В их составе имеется материал ледового разноса, материал, принесенный течениями, большей частью биогенный, и материал сноса со склонов глубоководных впадин. Ассоциация глинистых минералов довольно устойчива: иллит около 55%, хлорит около 25%, каолинит около 15% и смектит около 10%, что свидетельствует о развитости процессов смешения минералов из разных источников.

Такое распределение глинистых минералов существенно отличается от изученного нами керна: слюда около 40%, хлорит около 10%, каолинит около 25% и смектит около 25%. Эти наблюдающиеся различия могут указывать на дополнительный источник сноса для исследуемых илов. Как говорилось выше, в [8] описываются углистые алевролиты мезозойского возраста, встреченные на склоне хр. Ломоносова. Авторы работы [8] приходят к выводу, что подобные породы могут слагать мезозойский разрез хр. Ломоносова, залегающий ниже нижнепалеогенового несогласия. Изученные особенности вещественного состава и состава палиноформ илов, поднятых на Северном

Таблица 2. Состав встреченных микрофоссилий

№ обр.	Горизонт, см	Современная пыльца	Переотложенная пыльца		Примечания
			пыльца (N-Q)	пыльца MZ-PZ	
1	0-2	Polypodiaceae, Betula nana, Pinaceae, Pinus sp., Compositae, Chenopodiaceae	Lycopodium sp., Betula sp., Pterocarya sp., Abies sp., Pinus sp.	Р: Tricolpopollenites sp. (cf. Quercus); MZ: Gleicheniidites sp.; PZ: Disaccites sp. (протосаккатные)	Спикулы губок, диатомей, фрагменты радиолярий и силикофлагеллат, углистые частицы
2	2-5	Polypodiaceae, Betula nana	Picea sp.	PZ: Disaccites sp. (протосаккатные)	Единичные углистые частицы, спикулы губок
3	5-8	Betula nana, Pinus sp., Compositae, фрагмент пыльника	Alnus sp., Betula sp., Carpinus sp., Corylus sp., Pterocarya sp., Pinus sp.	Отсутствует	Углистые частицы, фрагменты спикул губок, синезеленые водоросли (?)
4	8-10	Betula nana, Compositae	cf. Juglans sp., Alnus sp., Betula sp., Tilia sp., Pinus sp.	MZ: Gleicheniidites sp., PZ: Disaccites sp. (протосаккатные)	Массовое количество углистых частиц, мелкие бесцветные минералы, крупные минералы оливкового цвета
5	13-15	Betula nana, Pinus sp., Compositae, Chenopodiaceae	Pterocarya sp., Pinus sp.	MZ: Gleicheniidites senonicus, Concavissimosporites sp.; PZ: Leiotriletes sp., Brochotriletes cf. rarus, Archaeozonotriletes sp., Retusotriletes ambagiosus, Retusotriletes sp., Apicula-tisporites sp., Convolutispora cf. bella, Periplecotriletes tortus, Geminospora trevetica, Geminospora aurita, Geminospora extensa, Geminospora micromanifesta, Punctatisporites cf. resolutus, Punctatisporites glaber, aff. Punctatisporites tortuosus, Cristatisporites sp., ex gr. Grandispora longa, Densosporites? casiformis, Lophozono-triletes sp., Disaccites sp. (протосаккатные). Зеленые водоросли (Tasmanites?, Leiosphaeridia) + неопределимые (рваные, сильно обугленные) споры палеозойского облика	Углистые частицы, спикулы губок, желтозеленые водоросли (Botryococcus)
6	17-20	Betula nana, Corylus sp., Pinus sp., Compositae	Lygodium sp., ex gr. Myricaceae (Myrica sp.), Juglans sp., Pinus sp.	MZ: Stereisporites sp., Reticulatisporites cf. variolatus	Углистые частицы
7	20-23	Betula nana, Pinus sp., Compositae	Alnus sp., Pterocarya sp., Pinus sp.	MZ: ?Circulodinium sp.	Углистые частицы
8	23-26	Betula nana, Corylus sp., Pinus sp., Picea sp. Compositae, Chenopodiaceae	Betula sp., Pinus sp.	Р: Tricolporopollenites sp. (cf. Castanopsis), Tricolpopollenites sp. (cf. Quercus); MZ: Aquillapollenites sp., Gleicheniidites sp., Cycadopites sp., ?Clastopollis sp.; PZ: Striatopinites perfectus, Disaccites	Массовое количество углистых частиц, фрагмент растительной ткани, спикулы губок, желтозеленые водоросли (Botryococcus)
9	26-30	Polypodiaceae, Betula nana, Betula sp., Corylus sp., Pinus sp., Picea sp., Compositae, Chenopodiaceae	Carpinus sp., Corylus sp., Pinus sp., Picea tobolica, Picea sp.	Р: Plicapollis sp., Tricolpopollenites sp. (cf. Quercus graciliformis), Taxodiaceae, Pinus sp.; PZ: Disaccites	Углистые частицы, фрагмент растительной ткани, спикулы губок, желтозеленые водоросли (Botryococcus)
10	30-33	Sphagnum sp., Betula nana, Pinus sp., Graminea	Juglandaceae (?Juglans sp.), Pterocarya sp.	Р: Tricolpopollenites sp. (cf. Quercus sparsa); MZ: Klukisporites sp.; PZ: Geminospora extensa, ex gr. Cirratriradites sp., Perotriletes sp., Verrucosisporites sp., Disaccites	Немногочисленные углистые частицы высокой степени углификации, обугленные обрывки растительных тканей, спикулы губок
11	36-38	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Единичные углистые частицы, многочисленные мелкие палочкообразные микроорганизмы (инфузории?), дающие "рис" в поле микроскопа

полюсе, свидетельствуют о том, что в их образовании заметную роль могли играть продукты подводного разрушения этих алевролитов. В алевролитах и изученных илах присутствует сходный набор палеозойских и мезозойских палиноформ. Сами алевролиты углистые, а их минеральный состав (кварц 36%, полевой шпат 8%, слюда 10%, темноцветные минералы 8%, глины 10%) близок к таковому в изученных илах. Наблюдающаяся разница в более высоком количестве глинистых минералов в илах связана с присутствием материала, попавшего в бассейн осадконакопления другим путем. Выше на основании изучения переотложенных неритических диатомей показано, что при формировании илов шло поступление материала с северных территорий России.

В работе В.Я. Кабанькова и др. [10] показано, что донные осадки такой расчлененной области, как дно центральной части Северного Ледовитого океана, в значительной мере формируются за счет склоновых процессов и образования элювиально-делювиальных осадков за счет плотных древних пород. При этом имеет место смешение с осадками других типов, в частности с остатками планктонной микрофауны и флоры, а также с осадками, связанными с деятельностью придонных течений. Полученные нами данные о составе глубоководных илов в районе Северного полюса не противоречат этой точке зрения.

В ы в о д ы. 1. Данные микропалеонтологического анализа указывают на голоценовый и позднеплейстоценовый возраст верхних 50 см донных илов с Северного полюса.

2. Минеральный и химический составы илов, а также присутствие в них большого количества переотложенных палиноформ палеозойского и мезозойского возраста, сходных с таковыми из углистых алевролитов, встреченных на склоне хр. Ломоносова, позволяют предположить, что в значительной мере они могли сформироваться в результате осаднения продуктов подводного размыва склонов этого хребта. Наличие небольшого количества переотложенных неритических диатомей плейстоценового и палеогенового возраста

свидетельствует об участии в образовании илов вещества, снесенного с северной окраины России.

3. Установлена самая северная ассоциация известкового планктона, присутствие которого в изученных илах связано с глобальными изменениями океанической циркуляции в плиоцен-четвертичное время.

4. Вариации количества известкового планктона по разрезу илов свидетельствуют о существенном усилении проникновения теплых атлантических вод в Арктический бассейн в течение последних 1–2 тыс. лет, а также на уровнях 11.4 и 24–28 тыс. лет назад.

Работы проводились при финансовой поддержке программы Президиума РАН № 17, НШ–4185.2008.5 и РФФИ (грант 06–05–64152а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Darby D.A., Bischof J.F., Jones G.A.* // Deep-Sea Res. 1997. V. 44. № 8. P. 1745–1757.
2. *Полякова Е.И.* Арктические моря Евразии в позднем кайнозое. М.: Науч. мир, 1997. 145 с.
3. *Koç N., Scherer R.P.* // Proc. ODP. Sci. Results. 1996. V. 151. P. 61–74.
4. *Scherer R.P., Koç N.* // Proc. ODP. Sci. Results. 1996. V. 151. P. 75–100.
5. *Backman J., Moran K., McInroy D.B. et al.* // Proc. Integrated Ocean Drilling Program. 2006. V. 302. doi:102204/iodp.proc.302.104.2006.
6. *Прошкина-Лавренко А.И.* Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные. Л.: Наука, 1974. Т. 1. 403 с.
7. *Avkhimovitch V.I., Tchibrikova E.V., Obukhovskaya T.G. et al.* // Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf Aquitaine. 1993. V. 17. № 1. P. 79–147.
8. *Grantz A., Pease V.L., Willard D.A. et al.* // GSA Bull. 2001. V. 113. № 10. P. 1272–1281.
9. *Левитан М.А., Лаврушин Ю.А., Штайн Р.* Очерки истории седиментации в Северном Ледовитом океане и морях Субарктики в течение последних 130 тыс. лет. М.: Геос, 2007. 403 с.
10. *Кабаньков В.Я., Андреева И.А., Иванов В.Н., Петрова В.И.* // Геотектоника. 2004. № 6. С. 33–49.