

УДК 551.89

С.Д. Николаев¹, Е.Е. Талденкова², П.В. Рекант³, Н.О. Чистякова⁴, Е.С. Миролюбова⁵

ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ ПРИЕВРАЗИЙСКОЙ ЧАСТИ ПОДВОДНОГО ХРЕБТА ЛОМОНОСОВА В НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ⁶

Микропалеонтологически и литологически изучены осадки кернов двух колонок и одной объемной дночерпательной пробы из приевразийской части хребта Ломоносова, отобранных в разных геоморфологических обстановках. Показано изменение характера осадконакопления в зависимости от геоморфологического положения колонок и сделаны заключения о соотношении ледово-айсбергового и эдафогенного крупнозернистого материала. В колонке из привершинной части хребта с нормальным пелагическим осадконакоплением на основании смены пиков содержания ледово-айсбергового материала и видового состава комплексов агглютинированных фораминифер проведено стратиграфическое расчленение верхней части осадочной толщи, соответствующей морским изотопным стадиям (МИС) 1–6.

Ключевые слова: палеогеография, осадконакопление, неоплейстоцен, хребет Ломоносова, Северный Ледовитый океан, ледовый и айсберговый разнос, фораминиферы.

Введение. Происхождение и кайнозойская история хребта Ломоносова активно изучаются геофизическими методами [2, 3, 7, 8, 23]. В течение последних 10–15 лет проводится комплексное геологическое и палеоокеанологическое исследование его осадочного чехла по материалам, полученным Первой арктической глубоководной буровой экспедицией (АСЕХ) в 2004 г. [11, 13, 24, 25, 27, 31, 33, 40], а также по кернам морских колонок длиной до 10 м [20, 21, 30, 32, 38].

Глубоководные буровые колонки АСЕХ и большая часть исследованных морских колонок расположены в центральной части хребта и у его окраины, прилегающей к Гренландии. В 2007 г. в ходе российской экспедиции “Арктика-2007” на атомном ледоколе “Россия” получено около 30 колонок из менее изученной приевразийской части хребта Ломоносова (рис. 1).

Постановка проблемы. Мы представляем результаты изучения литологического состава крупной фракции и микрофауны из осадков двух колонок (АЛР07-26С и АЛР07-15С) и состава крупнозернистого материала из объемной дночерпательной пробы (АЛР07-16В), отобранных в этой экспедиции (рис. 1). Частично результаты опубликованы ранее [8, 9]. Эти данные послужили основой предварительного стратиграфического расчленения осадков и реконструкции палеогеографических особенностей межледниковых и ледниковых эпох неоплейстоцена путем привязки к известным

датированным событиям, реконструированным по вышеупомянутым исследованным колонкам и скважинам в центральной части хребта.

Помимо этого разное геоморфологическое положение исследованных колонок, определяющее характер локального осадконакопления, позволяет оценить соотношение крупнозернистого аллохтонного, ледово-айсбергового (IRD, ice-/iceberg-rafted debris) материала и материала эдафогенного происхождения. Последнее положение требует некоторого пояснения. Рыхлые донные отложения Северного Ледовитого океана в целом представляют собой гемипелагические илы, в составе которых роль IRD весьма незначительна [6], однако в крупнозернистой фракции его значение большей частью резко возрастает.

Источники IRD, последовательно накапливающегося на вершинных частях подводных хребтов и пологих склонах, весьма разнообразны. К ним относится прибрежный абразионный, а также вынесенный реками псаммитовый материал, захваченный льдами при осеннем ледообразовании в окраинных морях [15], а также материал, мобилизованный айсбергами, особенно в конце ледниковых эпох при массовой деградации покровных оледенений [14, 34, 37, 38]. При этом подъемная сила морских льдов достаточно велика — 1 м³ льда может переносить до 100 кг осадочного вещества размерностью от валунов до пелитов [29].

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, вед. науч. с., докт. геогр. н.; *e-mail:* cndnik@gambler.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* etaldenkova@mail.ru

³ ФГУП “ВНИИОкеангеология имени И.С. Грамберга”, зав. сектором сейсмического обеспечения геологической съемки, канд. геол.-минер. н.; *e-mail:* rekant@mail.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория новейших отложений и палеогеографии плейстоцена, мл. науч. с.; *e-mail:* natal-y@mail.ru

⁵ ФГУП “ВНИИОкеангеология имени И.С. Грамберга”, вед. инж.; *e-mail:* mirolubova@mail.ru

⁶ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 11-05-01091а).

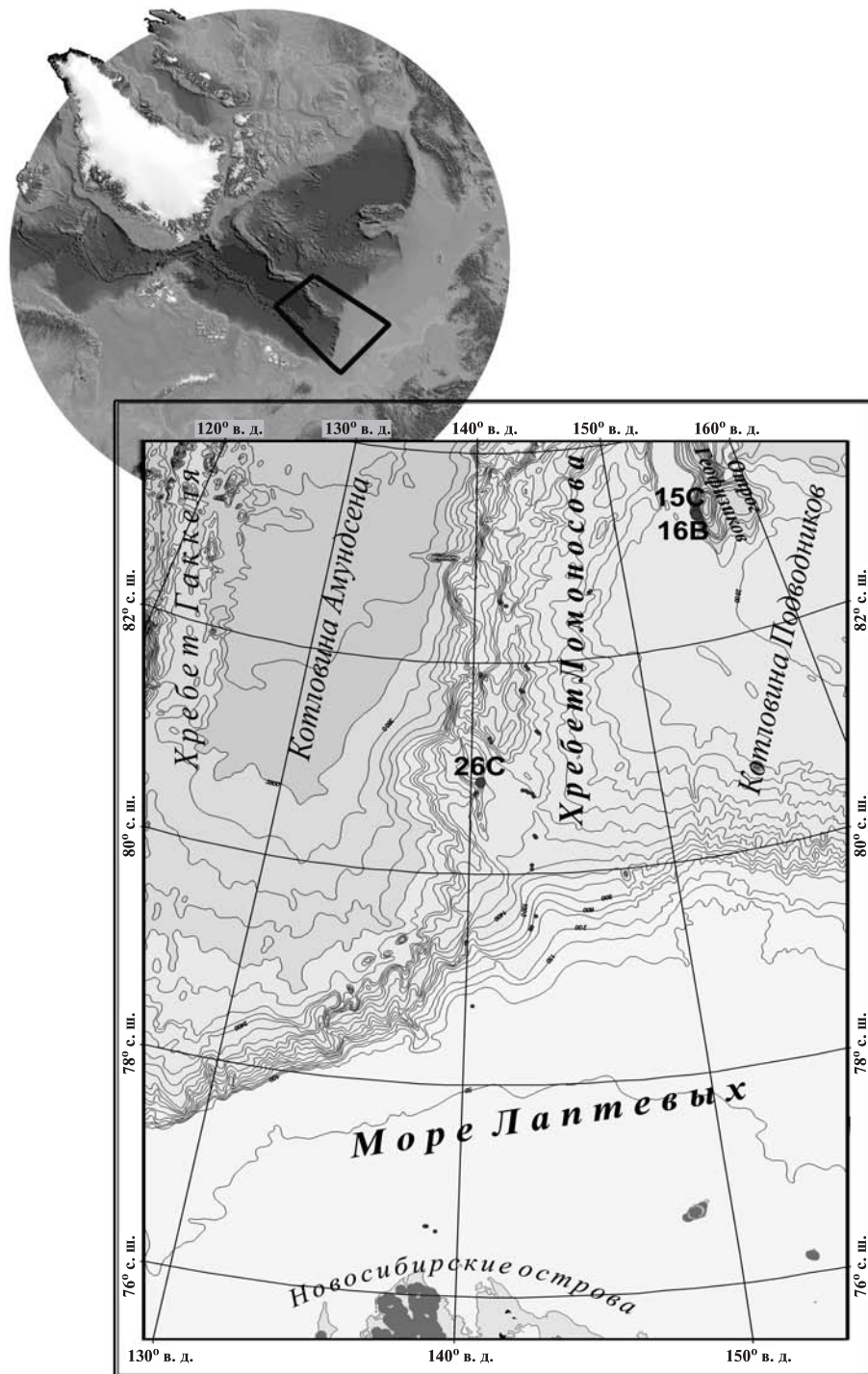


Рис. 1. Местоположение исследованных колонок АЛР07-26С и АЛР07-15С и дочерпательной пробы АЛР07-16В. Мелкие кружки — положение прочих колонок, взятых в рейсе а/л “Россия” в 2007 г. в приевразийской части хр. Ломоносова. Вверху черным контуром показано положение района исследований

Наряду с IRD возможно поступление в рыхлые осадки некоторой доли крупнозернистого эдафогенного материала, мобилизуемого в условиях тектонической нестабильности активной деятельностью оползней и вызванных ими мутьевых потоков на крутых склонах. Этот местный материал может дать представление о составе коренных пород фундамента хребта. До сих пор однозначно не решен вопрос о критериях надежного разделения аллохтонного и эдафогенного ма-

териала в осадочном чехле, поэтому представляют интерес любые дополнительные данные и методические подходы в этом направлении. Изученные нами материалы из осадков колонок, расположенных в вершинной части хребта (АЛР07-26С) и у подножия крутого склона отрога Геофизиков (АЛР07-15С и 16В) (рис. 1), позволяют подойти к рассмотрению этой проблемы.

Материалы и методы исследований. Колонка АЛР07-26С расположена в верхней части крутого скло-

на локального субмеридионального отрога хр. Ломоносова (80°48,84 с.ш.; 140°34,74 в.д.) на глубине моря 1359 м (рис. 1). Еще две изученные колонки получены восточнее, у подножия западного склона отрога Геофизиков на глубине 2500 м (рис. 1). Колонка АЛР07-15С находится в точке с координатами 83°09,88 с.ш.; 156°19,45 в.д., а дночерпательная проба АЛР07-16В отобрана на расстоянии 1,3 км от нее в точке с координатами 83°09,14 с.ш.; 156°06,30 в.д. у основания почти 2-километрового крутого эскарпа.

Общая длина колонки АЛР07-26С составляет 941 см, колонки АЛР07-15С — 796 см. В колонках образцы отбирали по 2 см с интервалом 10 см. Донно-каменный материал из дночерпательной пробы АЛР07-16В получен путем отмывки 1/4 от 95-литрового объема всего дночерпателя на сите с ячейкой 5 мм. Обломочный материал был рассредоточен по всему разрезу дночерпателя. Кроме того, отмыт грубозернистый песчаный и гравийный материал из прослоя, расположенного на глубине 10–15 см ниже поверхности дна.

Образцы рыхлого осадочного материала из колонок обрабатывали по единой схеме. Их замораживали, высушивали под вакуумом, взвешивали, промывали на сите с размером ячейки 63 мкм, снова высушивали и взвешивали. Литологическое исследование образцов включало определение весового процентного содержания фракции >63 мкм по отношению к исходному непромытому осадку и изучение количества и состава минеральных зерен во фракции >500 мкм. Для этого сухой осадок просеивали на сите соответствующей размерности, а затем под биноклем извлекали все минеральные зерна. Подсчитывали общее число терригенных зерен и число зерен горных пород разного петрографического состава и пересчитывали на 100 г сухого исходного осадка. В случае затруднения при идентификации породы делали шлифы, которые просматривали под поляризационным микроскопом. В дночерпательной пробе АЛР07-16В исследован только петрографический состав материала гравийной размерности и крупнее (>1 мм).

Для формализации множества разнообразных по петрографическому составу обломков горных пород, удобства обобщения полученных результатов и сопоставимости их как с результатами других авторов, так и с данными о других акваториях Северного Ледовитого океана [12, 34] все обломки разделили на 12 групп: 1) кластические породы — песчаники, алевролиты и аргиллиты; 2) известковые породы — известняки, мраморы (сюда же условно относили и гипсы, так как они встречены только несколько раз, поэтому не имело смысла выделять их в самостоятельную группу); 3) гранитоиды и гнейсы — граниты и прочие кислые и средние интрузивные породы, а также сильно- и среднеметаморфизованные породы кислого состава (граниты и гнейсы объединены в одну группу в связи с невозможностью разделить их в обломках такой размерности); 4) габброиды — все интрузивные породы основного состава; 5) кристаллические сланцы —

породы основного состава, не содержащие калиевого полевого шпата, обычно с пониженным количеством кварца, метаморфизованные в средней и высокой степенях регионального метаморфизма; 6) слюдястые сланцы — слюдисто-кварцевые сланцы с небольшим количеством плагиоклаза и слюды, чаще мусковита, внешне напоминают кварциты, особенно в случае присутствия небольшого количества мусковита; 7) кварциты любых степеней метаморфизма; 8) филлиты — любые сланцы, метаморфизованные в условиях низшей степени регионального метаморфизма, но не выше середины зеленосланцевой фации (границей служило появление роговой обманки); 9) вулканические породы — любые эффузивные породы (базальты, стекла разного состава и пр.), сюда же условно отнесены долериты; 10) кварц — многочисленные зерна кварца любой окатанности и сростки немногочисленных зерен кварца (в отличие от слюдисто-кварцевых сланцев и кварцитов зерна кварца чаще средне и хорошо окатаны, обычно мы считали их фрагментами разрушенных пород дальнего переноса); 11) полевые шпаты — калиевые полевые шпаты и плагиоклазы в виде отдельных зерен; 12) неопознанные обломки — образования, настолько выветрелые, что определить их первоначальный состав невозможно; чаще всего это отдельные комки гидроксидов железа, иногда содержащие остатки рудных минералов, охры, иногда с мелкими зернами кварца и т.п.

Микрофоссилии извлекали под биноклем из сухого промытого осадка крупностью >100 мкм, без его разделения. Подсчитывали число раковин и их фрагментов, проводили таксономические определения.

Для уменьшения погрешности подсчет процентного соотношения разных групп среди обломков пород и раковин проводили только в образцах, содержащих более 5 минеральных зерен или раковин в пробе.

Результаты исследований и их обсуждение. Колонка АЛР07-26С. Подробное описание изменения литологических характеристик и распределения микрофоссилий в осадках этой колонки сделано нами в предыдущей статье [9]. Здесь кратко остановимся на наиболее важных наблюдениях, которые позволили провести предварительное стратиграфическое разделение осадков.

В колонке выделено 6 пиков содержания крупнообломочного материала, который наиболее вероятно является материалом ледового и айсбергового разноса (IRD) (рис. 2). Исключительно большое количество такого материала (до 12644 зерен на 100 г осадка) встречено в *нике 4* (370–390 см), что в несколько десятков раз превышает количество обломков во всех остальных частях разреза, причем диаметр некоторых обломков из образцов этого интервала превышает 1–2 см. Следующий по величине *ник 2* достигает 300 зерен на 100 г осадка. В нижней части разреза (глубже 400 см) и число обломков, и амплитуда вариаций заметно уменьшаются вплоть до нулевых значений в самой нижней части колонки после 800 см.

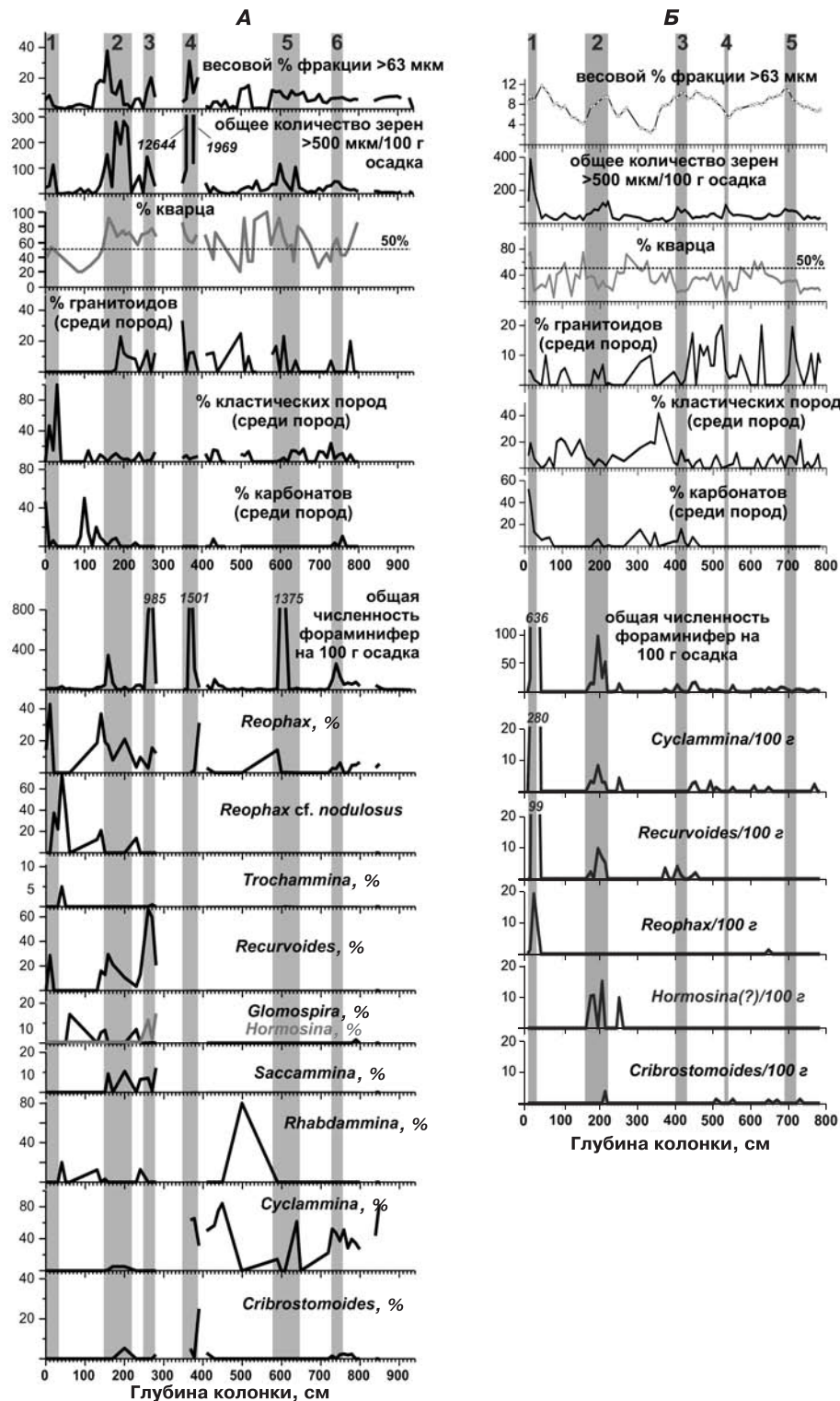


Рис. 2. Изменение литологических характеристик и состава комплексов агглютированных фораминифер в разрезах колонок АЛР07-26С (А) и АЛР07-15С (Б). Серым фоном и номерами сверху выделены пики содержания минеральных зерен во фракции >500 мкм. Цифры на графиках соответствуют экстремально высоким значениям содержания зерен или раковин

Исследование минералого-петрографического состава обломков показало преобладание зерен кварца в большинстве образцов и во всех пиках IRD (рис. 2). В результате кластерного анализа выявлены вариации распространения разных групп пород по разрезу. Гранито-гнейсовые обломки, свидетельствующие о по-

ступлении материала из районов выхода пород древних кристаллических щитов, как правило, являются фоновыми; хотя и неравномерно, но они распространены по всей длине колонки, кроме верхних 150 см осадков. В верхней части керна в интервалах 0–250 и 390–580 см многочисленны породы, характерные для

осадочных платформенных чехлов (кластические породы, известняки, доломиты, филлиты, основные интрузивы). Кроме того, в интервале 640–930 см встречаются многочисленные кварциты.

Микрофаунистические остатки представлены исключительно агглютинированными фораминиферами (рис. 2). Карбонатные раковины не встречены, что, вероятно, свидетельствует о растворении карбонатов холодными придонными водами. Агглютинированные фораминиферы наиболее многочисленны в образцах, обогащенных крупнообломочным терригенным материалом, исключение — интервал верхнего пика 1, где не зафиксировано увеличение общей численности фораминифер (рис. 2). Выделены три комплекса фораминифер.

Комплекс с преобладанием *Cyclammina*, характерный для нижней части колонки, развит, хотя и с перерывом, от ее основания до 350 см. Для него характерны преобладание эпифаунных и неглубоко зарывающихся детритофагов и сравнительно высокое содержание органики [13, 16, 18, 24, 28]. Второй комплекс с преобладанием *Recurvoides* развит от 280 до 150 см. Это наиболее разнообразный в видовом отношении комплекс, включающий виды родов *Saccamina* и *Hormosina*, которые больше нигде в колонке не встречаются. Раковины *Cyclammina* присутствуют здесь в небольшом количестве и исчезают выше 150 см. Этот комплекс, как и первый, характеризует достаточно благоприятные условия с наличием аэрируемых придонных вод и сравнительно большим поступлением органики. Однако, учитывая большое видовое разнообразие комплекса, особенно в интервале 260–280 см, можно предположить, что именно в это время поступление органики было наибольшим, т.е. ледовый покров был наименее сплоченным.

Третий комплекс, отличающийся преобладанием *Reophax* и *Rhabdammina*, характерен для периодов низкой численности раковин фораминифер. Наиболее ярко он выражен в верхних 150 см осадков, но присутствует и в нижней части колонки в интервале 470–520 см. Этот комплекс характеризует олиготрофные условия с низким поступлением органики, в которых развиваются виды разной специализации — от эпифаунных фильтраторов, таких как *Rhabdammina*, до глубоко зарывающихся инфаунных детритофагов, к которым относятся представители рода *Reophax*, многие из которых являются оппортунистическими видами, способными быстро заселять новые экологические ниши [24, 28]. Третий комплекс соответствует, по всей видимости, условиям очень сплоченного ледового покрова и низкого поступления органики во время холодных эпох.

Колонка АЛР07-15С. По разрезу колонки АЛР07-15С отмечено 5 интервалов с повышенным содержанием материала размерностью >500 мкм (рис. 2). Но только пик 1 действительно выделяется по размеру — 400 зерен/100 г осадка, тогда как все нижележащие по разрезу пики не превышают 100 зерен/100 г, что отличает эту колонку, расположенную у подножия скло-

на отрога Геофизиков, от колонки АЛР07-26С с вершины хр. Ломоносова.

Исследование петрографического состава обломков показало большое разнообразие представленных горных пород, которые в подавляющем числе образцов преобладают над зернами кварца, что также отличает колонку АЛР07-15С от колонки АЛР07-26С (рис. 2). Исключение — пик 1, в нем содержание горных пород снижается до 20–25% от суммы грубозернистой фракции. В отличие от остальных пиков, для него характерно преобладание карбонатов, составляющих до 50% от общего числа обломков горных пород (рис. 2). Распределение обломков из колонки АЛР07-15С тоже проанализировано с помощью кластерного анализа [9]. Однако в отличие от описанной выше колонки АЛР07-26С, для которой установлена группировка пород в связи с изменением питающих провинций (или с активизацией различных разломов), для колонки АЛР07-15С такие закономерности установить не удалось. Это может свидетельствовать о преобладании в разрезе склоновых отложений, образованных за счет размыва гравитационными потоками подстилающего субстрата. Об этом же свидетельствует и насыщенность мелкими обломками чешуек слюды всего разреза колонки АЛР07-15С, а также расположенных поблизости колонок (здесь не описаны), что не отмечено в колонке АЛР07-26С.

Здесь, как и в предыдущей колонке, микрофаунистические остатки представлены исключительно агглютинированными фораминиферами (рис. 2). В нижней части колонки (ниже 400 см) агглютинированные фораминиферы встречаются почти постоянно, но в очень небольшом количестве. Выше 400 см фораминиферы приурочены к двум пикам крупнообломочного материала (пики 1 и 2), а в промежутках между пиками в интервалах 45–160 и 260–360 см они отсутствуют. Самый верхний пик содержания фораминифер, как и в случае с крупнообломочным материалом, наиболее многочисленный, общее число фораминифер в нем достигает 636 раковин/100 г осадка, это в 6 раз и более выше, чем в нижележащем пике на глубине 160–220 см.

Состав комплекса фораминифер достаточно однообразен, по всему разрезу подавляющее число раковин во всех образцах принадлежат роду *Cyclammina* (рис. 2). Выше 470 см добавляется немного раковин рода *Recurvoides*. В составе второго сверху фораминиферового максимума присутствуют обломки толсто-стенных раковин, возможно, принадлежащих роду *Hormosina*. В верхнем пике встречается некоторое число раковин рода *Reophax*. В нижней части колонки и во втором сверху максимуме единично встречаются крупные раковины рода *Cribrostomoides*.

Все встреченные таксоны агглютинированных фораминифер — представители глубоководной мейофауны Северного Ледовитого океана, хотя представители многих родов (*Reophax*, *Cyclammina*, *Recurvoides*, *Cribrostomoides*) встречаются в широком диапазоне глубины — от шельфа до батии. Фактически вся

колонка представлена одним комплексом с преобладанием *Cyclammina*, в котором много эпифаунных и неглубоко зарывающихся детритофагов, характеризующих достаточно эвтрофные условия обитания [13, 16–18, 24, 28]. Скорее всего, подобное распределение фораминифер также свидетельствует в пользу существенного влияния склоновых процессов и перемешивания осадков мутьевыми потоками.

Объемная дночерпательная проба АЛР07-16В. Породы гравийной фракции (>1 мм) из этой объемной пробы имеют разнообразный состав, в который входят почти все группы — осадочные, изверженные и интрузивные до регионально метаморфизованных, а по химическому составу — от кислых до основных. Зерна кварца отсутствуют, что объясняется большим размером обломков, тогда как зерна кварца многочисленны в более мелких фракциях в результате дезинтеграции пород. Чтобы систематизировать такой пестрый состав, породы были разбиты на группы (таблица) и подсчитан процентный состав каждой группы (за 100% принято общее число обломков).

Процентное содержание разных групп пород в грубозернистой фракции осадка из объемной дночерпательной пробы АЛР07-16В

Группа пород	Подгруппа		Количество, %	
Осадочные	Кластические (аргиллиты, алевролиты, песчаники)		42	8
	Карбонатные (известняки, доломиты)			34
Интрузивные	Кислые		9	7
	Средние и основные			2
Изверженные	Кислые		7	1
	Средние			3
	Основные			3
Метаморфизованные	слабо	Филлиты	42	6
		Собственно зеленые сланцы		6
	средне	Сланцы		16
	сильно	Гнейсы (кислые)		7
		Кристаллические сланцы (основные)		<<1
	Кварциты			7

Среди осадочных пород здесь резко доминируют карбонаты — известняки и доломиты. Говоря о метаморфических породах, заметим, что в данном случае под сланцами понимали кварцевые сланцы, т.е. сланцеватые породы, в которых резко доминирует кварц

с добавкой полевошпат-слюдистых компонентов (альбитово-кварцевые, слудисто-кварцевые и аналогичные). Это чаще всего породы средних ступеней метаморфизма. Однако провести грань между ними и кварцитами, сходными как по составу, так и по текстурам, имея только небольшой образец, весьма сложно. Так же трудно по малому кусочку провести грань между гранитом и гнейсом, особенно если образец слишком мал, чтобы оценить текстуру породы. Поэтому полевошпат-слюдистые кварцевые сланцы и кварциты отнесены нами к одной группе. Эта группа доминирует среди метаморфических пород — ее доля составляет 23%. В сумме карбонатные породы и кварциты со слудисто-полевошпат-кварцевыми сланцами составляют 65% всего разнообразия присутствующих пород. Спектр остальных пород весьма разнообразен — от кислых лав и андезитов до базальтов и от филлитов и зеленых сланцев до гнейсов.

Предварительная схема стратиграфического разделения осадков и некоторые особенности палеогеографии приевразийской части хребта Ломоносова в неоплейстоцене. Отправной точкой в нашей предыдущей попытке стратиграфического расчленения последовательно накапливающихся осадков колонки АЛР07-26С [9] послужило наличие наибольшего пика содержания IRD (*пик 4*, рис. 2), который сопоставлен нами со временем разрушения огромного ледникового щита, соответствующего морской изотопной стадии 6 (МИС 6). Таким образом, возраст *пика 4* в колонке АЛР07-26С был соотнесен с границей изотопных стадий МИС 6/5. Необходимо отметить, что появляется все больше свидетельств существования шельфовых ледников и максимальной активности гигантских айсбергов во время МИС 6 и последующей дегляциации, которые оставили следы своего присутствия не только в виде прослоев крупнообломочного материала, но и борозд выпаживания и других гляциогенных форм на подводных хребтах и возвышенностях [3, 22, 26].

Многочисленные накопленные данные изучения колонок с подводных хребтов Арктического бассейна и данные бурения АСЕХ [10, 11, 17, 19–21, 30, 33, 35, 36, 38, 40] свидетельствуют о ярко выраженной ледниково-межледниковой цикличности, характерной для последних 200–300 тыс. лет с переходом на интервалы с более сглаженными колебаниями в более древние эпохи, что, вероятно, отражает реорганизацию палеоокеанологических и седиментационных условий в Северном Ледовитом океане. Именно такую постепенную смену мы наблюдаем на графике общей численности IRD-материала в колонке АЛР07-26С ниже *пика 4*. Соответственно по аналогии с другими детально исследованными и датированными колонками с хребта Ломоносова возраст более молодых IRD-пиков был определен следующим образом: *пик 3* — МИС 5/4; *пик 2* — МИС 4/3; *пик 1* — МИС 2/1. Можно предположить, что в колонке АЛР07-15С наиболее выраженный *пик 1* содержания крупнообломочного материала с преобладанием зерен кварца также соответствует границе МИС 6/5.

Наше предположение о соответствии возраста *ника 4* в колонке АЛР07-26С границе МИС 6/5 подтверждается и изменениями состава комплексов фораминифер. В течение МИС 7–9 и до начала МИС 6 в Арктическом бассейне, о чем свидетельствуют данные изучения многих колонок, происходила постепенная смена комплексов с многочисленными агглютинированными бентосными фораминиферами, в которых доминирует вид *Cyclammina pusilla*, на комплексы с карбонатными фоссиллиями (планктонные и бентосные фораминиферы, остракоды, нанопланктон), характерные для верхних слоев осадков [13, 16, 17, 36]. Мы полагаем, что, несмотря на отсутствие карбонатных микрофоссиллий в исследованных нами колонках, явная смена комплексов фораминифер в колонке АЛР07-26С на уровне IRD *ника 4* и присутствие комплекса с *Cyclammina* ниже этого уровня соответствует вышеупомянутым сходным изменениям состава комплексов в других колонках. Соответственно максимальное присутствие раковин *Cyclammina* в составе комплекса фораминифер, отвечающего *нику 1* крупнозернистого материала в колонке АЛР07-15С, также подтверждает оценку его возраста границей МИС 6/5.

В современном межледниковом океане сохранность карбонатных раковин выше в условиях сплоченного ледового покрова [41], а в районах континентальных окраин с высокой продуктивностью, притоком трансформированных атлантических вод и сезонным ледовым покровом при льдообразовании происходит формирование холодных, соленых и обогащенных кислородом вод, которые окисляют свежее органическое вещество и вызывают растворение карбонатных раковин в донных осадках [39, 42]. В соответствии с этими сведениями предполагается, что более теплые и сезонно свободные от ледового покрова условия были характерны для центральных районов Арктического бассейна в ранне-среднеплейстоценовые эпохи расцвета агглютинированных бентосных фораминифер [13].

В то же время авторы работы [13] справедливо отмечают и вероятность того, что растворение карбонатных раковин может быть “артефактом” постседиментационных диагенетических процессов, требующих дальнейшего изучения. Можно предположить, что отсутствие карбонатных микрофоссиллий в исследованных колонках из приевразийской части хребта Ломоносова связано с локальными, более свободными ото льда условиями в этом районе по сравнению с другими частями хребта и подводными хребтами из Амеразийского бассейна, где сохранность карбонатных раковин хорошая [1, 10, 32, 36]. Это может быть также следствием постоянного притока теплых трансформированных вод в район отбора колонки АЛР07-26С (в колонке АЛР07-15С осадки моложе МИС 6/5, скорее всего, отсутствуют).

Происхождение крупнообломочного материала в колонках морских осадков. Все современные взгляды на происхождение крупнообломочного материала, обнаруживаемого в глубоководных бассейнах и на поднятиях Северного Ледовитого океана при геологическом пробоотборе, можно ограничить двумя крайними

точками зрения. Одна предполагает доставку обломочного материала в пределы Северного Ледовитого океана преимущественно дрейфующими льдами и в меньшей степени айсбергами [14, 29, 34, 35]. Согласно другой точке зрения, напротив, отрицается существенное значение влияния ледового разноса, а крупнообломочный материал считается эдафогенным, образованным за счет подводного размыва местных источников [4, 5].

Третий источник крупнозернистого материала, местами весьма значимый, — вынос материала турбидными потоками с бровки шельфа вдоль каньонов в абиссальную часть океана — мы не рассматриваем, он малореален в конкретной геоморфологической обстановке, так как области пробоотбора гипсометрически находятся существенно выше дна котловины, по которой можно допустить движение подобных потоков.

Ключевые моменты для установления основных особенностей и характеристик материала ледового/айсбергового разноса — способы захвата, транспортировки обломков морским льдом и его разгрузки на дно. Считается, что крупнообломочный материал в основном захватывается льдом при осеннем льдообразовании в прибрежной зоне, откуда поступает к сезонной границе дрейфующих льдов и далее перемещается с ними в центральную часть океана и в пролив Фрама, разгружаясь по пути следования [15]. Поскольку захват обломочного материала происходит в зоне активного волнового воздействия, то захваченные обломки будут состоять из прибрежного, преимущественно окатанного волнами материала, сформированного в результате абразии берегов, а также из материала речного выноса, распределенного по прибрежной полосе вдольбереговым разносом, причем еще сильнее окатанного и выветрелого. Лучшее всего отвечают этому условию хорошо окатанные зерна кварца, а также другие устойчивые образования.

Несколько иными представляются основные характеристики обломков, переносимых айсбергами, и особенности их распределения. Предполагается, что айсберги могут транспортировать материал практически любого состава и облика, поскольку последний попадает в айсберговый лед в ходе движения льда.

При рассмотрении вопроса об эдафогенном материале в осадках прежде всего возникает вопрос об агентах его мобилизации. Исследованные станции взяты в принципиально различных позициях: колонка АЛР07-26С — из верхней части крутого склона в относительно спокойных условиях осадконакопления. Осадок обогащен хорошо окатанным кварцем, имеет четко выраженную стратификацию, что позволяет провести историко-палеогеографическую периодизацию; колонка АЛР07-15С и дночерпательная проба АЛР07-16В — из нижней части западного склона отрога Геофизиков. Судя по современным сейсмическим данным, этот склон представляет собой террасированную поверхность, образованную серией ступенчатых сбросов с амплитудой несколько сотен метров. Суммарная высота склона достигает 2000 м,

крутизна — до 33°. Осадки колонки резко обеднены окатанным кварцем. Характер осадков большей части разреза колонки, кроме верхних горизонтов, свидетельствует о существенном влиянии мутьевых потоков, возникающих в результате оползневых процессов на крутых склонах.

Осадок из дночерпательной пробы АЛР07-16В позволяет считать весьма существенную часть грубозернистой фракции эдафогенной, поставляемой с 2-километрового склона эскарпа при неотектонических подвижках. Подтверждает такую точку зрения и то, что в составе псефитовых обломков обнаружены осадочные, магматические, а также неустойчивые к переносу агрегаты метаморфических пород с угловатым, “щепковидным” обликом. Это дает дополнительные свидетельства в пользу преобладания эдафогенного материала над IRD в этой точке исследования.

Выводы:

— в привершинной части хребта осадок образовывался путем нормального океанического пелагического осадконакопления, а среди его крупнозернистой составляющей преобладает материал ледово-айсбергового разноса. В районе подножий крутых склонов доминируют гравитационные турбидитные осадки, в

крупнозернистой части которых, в частности, может преобладать эдафогенная составляющая, позволяющая судить о составе пород фундамента хр. Ломоносова;

— чередование выраженных пиков содержания материала ледово-айсбергового разноса и смена комплексов агглютинированных фораминифер в верхней части колонки из привершинной части хребта соответствуют первым 6 морским изотопным стадиям (МИС 1–6). В колонке, взятой у подножия склона хребта, судя по составу комплексов фораминифер с повсеместным преобладанием раковин рода *Cyclamina*, характерных для осадков Арктического бассейна древнее МИС 6, одновозрастная верхняя часть разреза уничтожена турбидными потоками;

— отсутствие ископаемых карбонатных фораминифер в осадках исследованной колонки, соответствующих МИС 1–6, отличает ее от колонок из центральной части хр. Ломоносова и районов, прилегающих к Гренландии. Возможно, это свидетельствует о менее сплоченном ледовом покрове и более высокой продуктивности в приевразийской части хребта, в том числе за счет притока трансформированных атлантических вод, что приводило к растворению карбонатных раковин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева И.А., Басов В.А., Куприянова Н.В., Шилов В.В. Возраст и условия формирования донных осадков в районе поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) // Материалы по фанерозою полярных областей и центральной части Срединно-Атлантического хребта (флора, фауна и биостратиграфия) // Тр. ВНИИОкеангеология. 2007. Т. 211. С. 131–152.
2. Деменицкая Р.М., Карасик А.М., Киселев Ю.Г. Итоги изучения земной коры в Центральной Арктике геофизическими методами // Проблемы Арктики и Антарктики. Вып. 11. Л.: Морской транспорт, 1962. С. 91–95.
3. Деменицкая Р.М., Киселев Ю.Г. Особенности строения, морфологии осадочного чехла центральной части хребта Ломоносова по сейсмическим исследованиям // Геофизические методы разведки в Арктике. Вып. 5. Л.: НИИГА, 1968. С. 33–46.
4. Кабаньков В.Я., Андреева И.А., Иванов В.Н. О происхождении донных осадков, поднятых на геотраверзе “Арктика-2000” в Северном Ледовитом океане (район поднятия Менделеева) // Докл. РАН. 2004. Т. 399, № 2. С. 224–226.
5. Кабаньков В.Я., Андреева И.А., Крупская В.В. и др. Новые данные о составе и происхождении донных осадков южной части поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) // Докл. РАН. 2008. Т. 419, № 5. С. 653–655.
6. Левитан М.А., Сыромятников К.В. Геологическая роль льда в формировании состава современных и четвертичных осадков Северного Ледовитого океана // Мат-лы VII Всерос. сов. по изучению четвертичного периода. Т. 2. Апатиты; СПб., 2011. С. 31–33.
7. Рекант П.В., Гусев Е.А. Сейсмогеологическая модель строения осадочного чехла прилаптевоморской части хребта Ломоносова и прилегающих глубоководных котловин Амундсена и Подводников // Геология и геофизика. 2012. Т. 53, № 11. С. 1497–1512.
8. Рекант П.В., Пяткова М.Н., Николаев С.Д., Талденкова Е.Е. Донно-каменный материал отрога Геофизиков как петротип фундамента южной части хребта Ломоносова

(Северный Ледовитый океан) // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. Вып. 4. Спец. вып. Геология и полезные ископаемые окраинных морей Евразии. М.: ГЕОС, 2012. С. 29–40.

9. Талденкова Е.Е., Николаев С.Д., Рекант П.В. и др. Палеогеография хребта Ломоносова (Северный Ледовитый океан) в плейстоцене: литология осадков и микрофауна // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2009. № 4. С. 45–54.

10. Adler R.E., Polyak L., Ortiz J.D. et al. Sediment record from the western Arctic Ocean with an improved Late Quaternary age resolution: HOTRAX core HLY0503-8JPC, Mendeleev Ridge // Global and Planetary Change. 2009. Vol. 68. P. 18–29.

11. Backman J., Jakobsson M., Frank M. et al. Age model and core seismic integration for the Cenozoic Arctic Coring Expedition sediments from the Lomonosov Ridge // Paleoclimatology. 2008. Vol. 23. PA1S03.

12. Bischof J. The decay of the Barents ice sheet as documented in Nordic seas ice-rafted debris // Marine Geol. 1994. Vol. 117. P. 35–55.

13. Cronin T.M., Smith S.A., Eynaud F. et al. Quaternary paleoceanography of the central Arctic based on Integrated Ocean Drilling Program Arctic Coring Expedition 302 foraminiferal assemblages // Paleoclimatology. 2008. Vol. 23. PA1S18.

14. Darby D.A., Polyak L., Bauch H.A. Past glacial and interglacial conditions in the Arctic Ocean and marginal seas — A review // Progress in Oceanography. 2006. Vol. 71. P. 129–144.

15. Eicken H., Reimnitz E., Alexandrov V. et al. Sea-ice processes in the Laptev Sea and their importance for sediment export // Continental Shelf Res. 1997. Vol. 17 (2). P. 205–233.

16. Evans J.R., Kaminski M.A. Pliocene and Pleistocene chronostratigraphy and paleoenvironment of the central Arctic Ocean, using deep water agglutinated foraminifera // Micropaleontology. 1998. Vol. 44. P. 109–130.

17. Evans J.R., Kaminski M.A., Cronin T.M., Fütterer D.K. Pleistocene agglutinated foraminifera from the Lomonosov Ridge and Amundsen Basin, Arctic Basin. Initial report on piston cores 2177-5 (KAL) and 2176-3 (KAL) // Mar. Micropaleontology. 1995. Vol. 26. P. 245–253.

18. *Gooday A.J.* Recent deep-sea agglutinated foraminifera: a brief review // *Paleoecology, Biostratigraphy, Paleoceanography and Taxonomy of Agglutinated Foraminifera*. 1990. NATO ASI Ser. Vol. 327. P. 271–304.
19. *Hanslik D., Löwemark L., Jakobsson M.* Biogenic and detrital-rich intervals in central Arctic Ocean cores identified using x-ray fluorescence scanning // *Polar Res.* 2013. Vol. 32. 18386. <http://dx.doi.org/10.3402/polar.v320.18386>.
20. *Jakobsson M., Løvlie R., Al-Hanbali H.* et al. Manganese and color cycles in Arctic Ocean sediments constrain Pleistocene chronology // *Geology*. 2000. Vol. 28. P. 23–26.
21. *Jakobsson M., Løvlie R., Arnold E.M.* et al. Pleistocene stratigraphy and paleoenvironmental variation from Lomonosov Ridge sediments, central Arctic Ocean // *Global and Planetary Change*. 2001. Vol. 31. P. 1–22.
22. *Jakobsson M., Nilsson J., O'Regan M.* et al. An Arctic Ocean ice shelf during MIS6 constrained by new geophysical and geological data // *Quaternary Sci. Rev.* 2010. Vol. 29. P. 3505–3517.
23. *Jokat W., Weigelt E., Kristoffersen Y.* et al. New insights into the evolution of the Lomonosov Ridge and the Eurasian Basin // *Geophys. J. Intern.* 1995. Vol. 122 (2). P. 378–392.
24. *Kaminski M.A., Silye L., Kender S.* Miocene deep-water agglutinated foraminifera from the Lomonosov Ridge and the opening of the Fram Strait // *Micropaleontology*. 2009. Vol. 55. P. 117–135.
25. *Kender S., Kaminski M.A.* Arctic Ocean benthic foraminiferal faunal change associated with the onset of perennial sea ice in the middle Miocene // *J. of Foraminiferal Res.* 2012. Vol. 43 (1). P. 99–109.
26. *Kristoffersen Y., Coakley B., Jokat W.* et al. Seabed erosion on the Lomonosov Ridge, central Arctic Ocean: A tale of deep draft icebergs in the Eurasia Basin and the influence of Atlantic water inflow on iceberg motion? // *Paleoceanography*. 2004. Vol. 19. PA3006.
27. *Krylov A.A., Andreeva I.A., Vogt C.* et al. A shift in heavy and clay mineral provenance indicates a middle Miocene onset of a perennial sea ice cover in the Arctic Ocean // *Paleoceanography*. 2008. Vol. 23. PA1S06.
28. *Kunht W., Moullade M., Kaminski M.A.* Ecological structuring and evolution of deep sea agglutinated foraminifera — a review // *Rev. de Micropaléontologie*. 1996. Vol. 39 (4). P. 271–281.
29. *Lisitzin A.P.* Sea-ice and Iceberg Sedimentation in the Ocean — Recent and Past. Berlin: Springer-Verlag, 2002. 563 p.
30. *Löwemark L., Jakobsson M., Mörth M., Backman J.* Arctic Ocean manganese contents and sediment colour cycles // *Polar Res.* 2008. Vol. 27. P. 105–113.
31. *Moran K., Backman J., Brinkhuis H.* et al. The Cenozoic palaeoenvironment of the Arctic Ocean // *Nature*. 2006. Vol. 44 (1). P. 601–605.
32. *Nørgaard-Pedersen N., Mikkelsen N., Lassen S.J.* et al. Reduced sea ice concentrations in the Arctic Ocean during the last interglacial period revealed by sediment cores off northern Greenland // *Paleoceanography*. 2007. Vol. 22. PA1218.
33. *O'Regan M., St. John K., Moran K.* et al. Plio-Pleistocene trends in ice-rafted debris on the Lomonosov Ridge // *Quaternary Intern.* 2010. Vol. 219. P. 168–176.
34. *Phillips R.L., Grantz A.* Regional variations in provenance and abundance of ice-rafted clasts in Arctic Ocean sediments: implications for the configuration of late Quaternary oceanic and atmospheric circulation in the Arctic // *Mar. Geology*. 2001. Vol. 172. P. 91–115.
35. *Polyak L., Alley R., Andrews J.T.* et al. History of sea ice in the Arctic // *Quaternary Sci. Rev.* 2010. Vol. 29. P. 1757–1778.
36. *Polyak L., Curry W.B., Darby D.A.* et al. Contrasting glacial/interglacial regimes in the western Arctic Ocean as exemplified by a sedimentary record from the Mendeleev Ridge // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2004. Vol. 203. P. 73–93.
37. *Polyak L., Edwards M.H., Coakley B.J., Jakobsson M.* Ice shelves in the Pleistocene Arctic Ocean inferred from glaciogenic deep-sea bedforms // *Nature*. 2001. Vol. 410. P. 453–457.
38. *Spielhagen R.F., Baumann K.-H., Erlenkeuser H.* et al. Arctic Ocean deep-sea record of northern Eurasian ice sheet history // *Quaternary Sci. Rev.* 2004. Vol. 23. P. 1455–1483.
39. *Steinsund P.I., Hald M.* Recent calcium carbonate dissolution in the Barents Sea: paleoceanographic implications // *Mar. Geology*. 1994. Vol. 117. P. 303–306.
40. *St. John K.* Cenozoic ice-rafting history of the Central Arctic Ocean: Terrigenous sands on the Lomonosov Ridge // *Paleoceanography*. 2008. Vol. 23. PA1S05.
41. *Wollenburg J.E., Kunht W.* The response of benthic foraminifera to carbon flux and primary production in the Arctic Ocean // *Mar. Micropaleontology*. 2000. Vol. 40. P. 189–231.
42. *Wollenburg J.E., Knies J., Mackensen A.* High-resolution paleoproductivity fluctuations during the past 24 kyr as indicated by benthic foraminifera in the marginal Arctic Ocean // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2004. Vol. 204. P. 209–238.

Поступила в редакцию
10.04.2013

S.D. Nikolaev, E.E. Taldenkova, P.V. Rekant, N.O. Chistyakova, E.S. Mirolyubova

PALAEOGEOGRAPHY OF THE EURASIAN PART OF THE SUBMARINE LOMONOSOV RIDGE IN THE NEO-PLEISTOCENE

Sediments of two cores and one boxcore sample taken at the Eurasian part of the submarine Lomonosov Ridge under different geomorphologic situations were studied in terms of lithology and micropalaeontology. Changing character of sedimentation in relation to the geomorphologic position is described. The ratio of sea ice-iceberg-rafted and edaphogenic coarse-grain material is determined. Basing on the changes of peak values of sea ice-iceberg-rafted material and the composition of agglutinated foraminiferal assemblages in the core obtained from the top of the ridge and having the standard pelagic type of sedimentation the upper part of the sediment sequence corresponding to marine isotope stages (MIS) 1 to 6 was stratigraphically subdivided.

Key words: palaeogeography, sedimentation, Neo-Pleistocene, the Lomonosov Ridge, the Arctic Ocean, sea ice and iceberg rafting, foraminifera.