

УДК 563.12:551.79 (261.1)

Л.А. Киреенко¹, Л.Ф. Копаевич², А.Г. Матуль³

ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНАЯ ПАЛЕООКЕАНОЛОГИЯ НОРВЕЖСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР

Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, 117997, Москва, Нахимовский проспект, 36

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, 1

Shirshov Institute of Oceanology, RAS, 117997, Moscow, Nakhimovsky prospekt, 36

Lomonosov Moscow State University, 119991, GSP-1, Leninskiye Gory, 1

Глубоководные колонки, отобранные на станциях АМК 5536 и 5524 в 68-м рейсе научно-исследовательского судна «Академик Мстислав Келдыш», из северо-восточной части Норвежско-Гренландского бассейна исследованы с помощью седиментологических и микропалеонтологических методов. Рассмотрены изменения сообществ бентосных фораминифер в акватории Норвежского моря, их изменения во времени, что дает возможность провести палеоокеанологические реконструкции и связать их с морскими изотопными стадиями (MIS).

Ключевые слова: палеоокеанологические реконструкции, четвертичные отложения, бентосные фораминиферы, морские изотопные стадии, Норвежское море.

Deep-water cores selected at AMK 5536 and 5524 stations on the 68th cruise of the research vessel «Academik Mstislav Keldysh» from the north-eastern part of the Norwegian-Greenland basin were investigated by sedimentological and micropaleontological methods. Changes in benthic foraminifera communities in the Norwegian Sea, their changes in time, which make it possible to use paleoceanological reconstructions and associate them with marine isotope stages are considered.

Key words: paleoceanological reconstructions, Quaternary stratigraphy, benthic foraminifera, marine isotopic stages, Norwegian Sea.

Введение. Изменение климата на Земле привлекает большое внимание широкой научной общественности. Характерная черта изменения климата в четвертичном периоде — ритмичная смена ледниковых и межледниковых этапов. Эти изменения ученые пытаются объяснить с помощью колебания солнечной радиации с точки зрения орбитальной теории для больших промежутков времени, которые называют циклами Миланковича. В ледниковые периоды эксцентриситет орбиты Земли достигал минимальных значений, существенно усиливались планетарное похолодание и рост ледникового покрова, а межледниковые периоды, наоборот, характеризовались максимумами эксцентриситета, тепловой режим становился более благоприятным, а ледниковые щиты сокращались или полностью исчезали [Безверхний, 2013].

Норвежско-Гренландский бассейн (Nordic seas) представляет собой место активных геологических и биологических работ российских и зарубежных ученых. Предыдущие исследования микрофоссилий в Норвежско-Гренландском районе внесли значительный вклад в изучение морских изотопных стадий (MIS) и палеоклиматических

реконструкций. Однако в большинстве работ приводятся описания комплексов планктонных фораминифер в качестве наиболее распространенной группы микроорганизмов, построенные по ним палеотемпературные кривые, с которыми коррелируют морские изотопные стадии, а также рассматриваются особенности отдельных стадий или подстадий. Предлагаемая статья восполняет этот пробел, предлагая данные исследований, проведенных путем анализа комплексов бентосных фораминифер.

В статье представлены данные, полученные в 68-м рейсе научно-исследовательского судна (НИС) «Академик Мстислав Келдыш», состоявшемся летом 2017 г. Сотрудниками Института океанологии имени П.П. Ширшова Российской академии наук (ИО РАН) были отобраны 4 колонки на двух станциях в восточной (норвежской) части Норвежско-Гренландского бассейна (рис. 1). На основе исследования нескольких групп бентосных фораминифер и их изменений во времени удалось восстановить климатические флуктуации и палеогеографические обстановки за последние 140 тыс. лет.

¹ Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, лаборатория палеоэкологии и биостратиграфии, инженер-исследователь; e-mail: liubov.kireenko1996@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии, профессор, докт. геол.-минер. н.; e-mail: lfkopaevich@mail.ru

³ Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, лаборатория палеоэкологии и биостратиграфии, заведующий лабораторией, докт. геол.-минер. н.; e-mail: amatul@mail.ru

Материалы и методы исследования.

Станция АМК 5536 (73° 34,9' с. ш.; 7° 52,5' в. д.; глубина 2168 м) находится вблизи рифтовой долины хр. Мона, который служит северным продолжением Срединноатлантической спрединговой системы. На станции АМК 5524 (71° 51,3' с. ш.; 12° 7,19' в. д.; глубина 1992 м), расположенной на юге от о-ва Медвежий, материал отобран у западного подножия континентального склона Баренцева моря, причем значительную площадь склона образует мощный конус выноса.

Материалом для исследования послужили 125 проб донных осадков в 4 колонках на двух станциях в Норвежском море. Разрезы получены с помощью ударной трубки большого диаметра (ТБД), дночерпателя (ДЧ) и мультикорера (МК). Длина колонок на станциях составляет: на АМК 5536—4,37 м (ТБД) и 0,15 м (ДЧ), а на АМК 5524—3,5 м (ТБД) и 0,29 м (МК). Для исследования пробы из колонок ТБД отбирали по 1 см с интервалом 10 см, а для колонок МК и ДЧ — по 1 см непрерывно на протяжении всего керна.

Все пробы первично обработаны по единой методике: образцы донных осадков сначала высушивали, взвешивали, затем с помощью кисточки промывали в сите с диаметром ячейки 63 мкм и затем снова высушивали.

Для микропалеонтологического анализа сухой промытый осадок помещали на черную пластину, квартовали и делили на сплиты. Затем выбирали раковины бентосных фораминифер под биноклем (при увеличении ×100) вручную при помощи препаровальной иглы и тонкой кисточки. При определении видов использована литература о систематике фораминифер [Jones 1994; Holbourn et al., 2013]. В комплексе бентосных фораминифер выделено 55 видов, которые представляют 6 крупных отрядов. На основе микропалеонтологического анализа построены графики изменения численности фораминифер, процентного содержания видов, доминирующих и сопутствующих таксонов. Построение графиков позволило реконструировать такие параметры, как глубина, температура, соленость, влияние течений.

Для изучения грубообломочного материала ледового и айсбергового разноса, обозначенного IRD (ice and iceberg rafted debris), сухой промытый образец просеивали через сито диаметром 100 мкм. Затем в крупной фракции (аналогично методике микропалеонтологического анализа) подсчитывали терригенные обломочные зерна. Результаты анализа соотношения IRD показывают усиление и ослабление влияния ледниковой деятельности, тем самым указывая на колебания климата [Taldenkova et al., 2016].

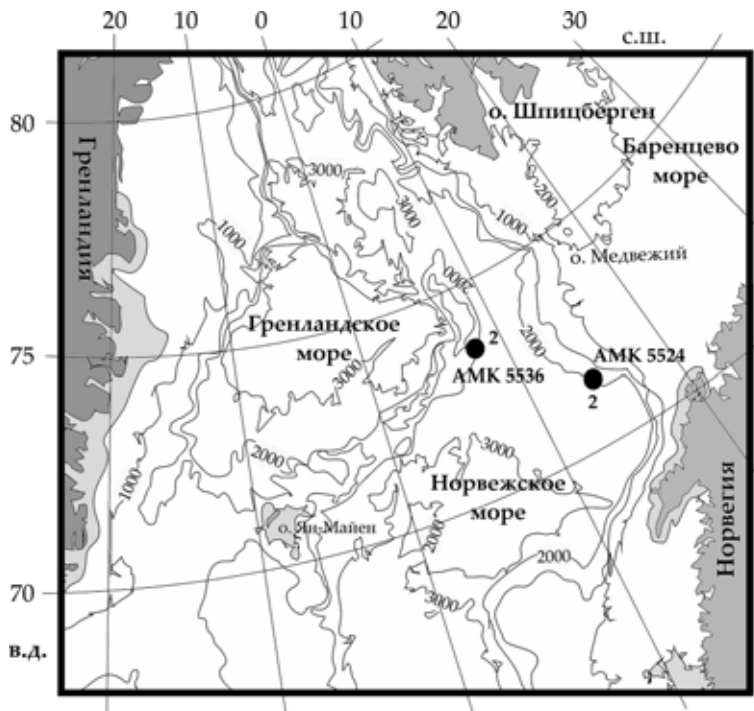


Рис. 1. Карта расположения станций в Норвежском море. Число колонок обозначено цифрами рядом с точкой станции

Достоверный расчет процентного содержания фораминифер и IRD в образце проводился до 150–300 экземпляров/обломков. Показатели двух методов пересчитывали как процент и число экземпляров/обломков на 1 грамм сухого непромытого осадка в пробе (экз./г сухого осадка или обл./г сухого осадка).

Датирование карбонатных остатков из колонок выполнялось радиоуглеродным методом определения возраста [Bronk, Allen, 1995]. Для этого отбирали планктонные фораминиферы вида *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg, 1861), размер навески которых составлял не менее 5 мг. Результаты AMS-датирования (Accelerator Mass Spectrometry) получены в Институте исследования океана Пекинского университета (Institute of Ocean Research, Peking University, China). Затем с помощью программы Radiocarbon calibration program (CALIB7) радиоуглеродный возраст был пересчитан в календарный (таблица).

Радиоуглеродные датировки и пересчет в календарный возраст для осадков изучаемых колонок АМК 5536 и 5524 ТБД в Норвежском море

Станция	Глубина в колонке, см	Материал датирования	Датировки по ¹⁴ C, л. н.		Календарный возраст, кал. л. н.
				±	
5536	25–26	N. pach	15 140	60	17 853
	49–50	N. pach	26 200	190	29 930
	100	N. pach	33 980	490	37 752
5524	0–1	N. pach	3886	25	3766
	10–11	N. pach	6235	25	6604

Результаты исследований и их обсуждение.
Данные о распределении бентосных фораминифер

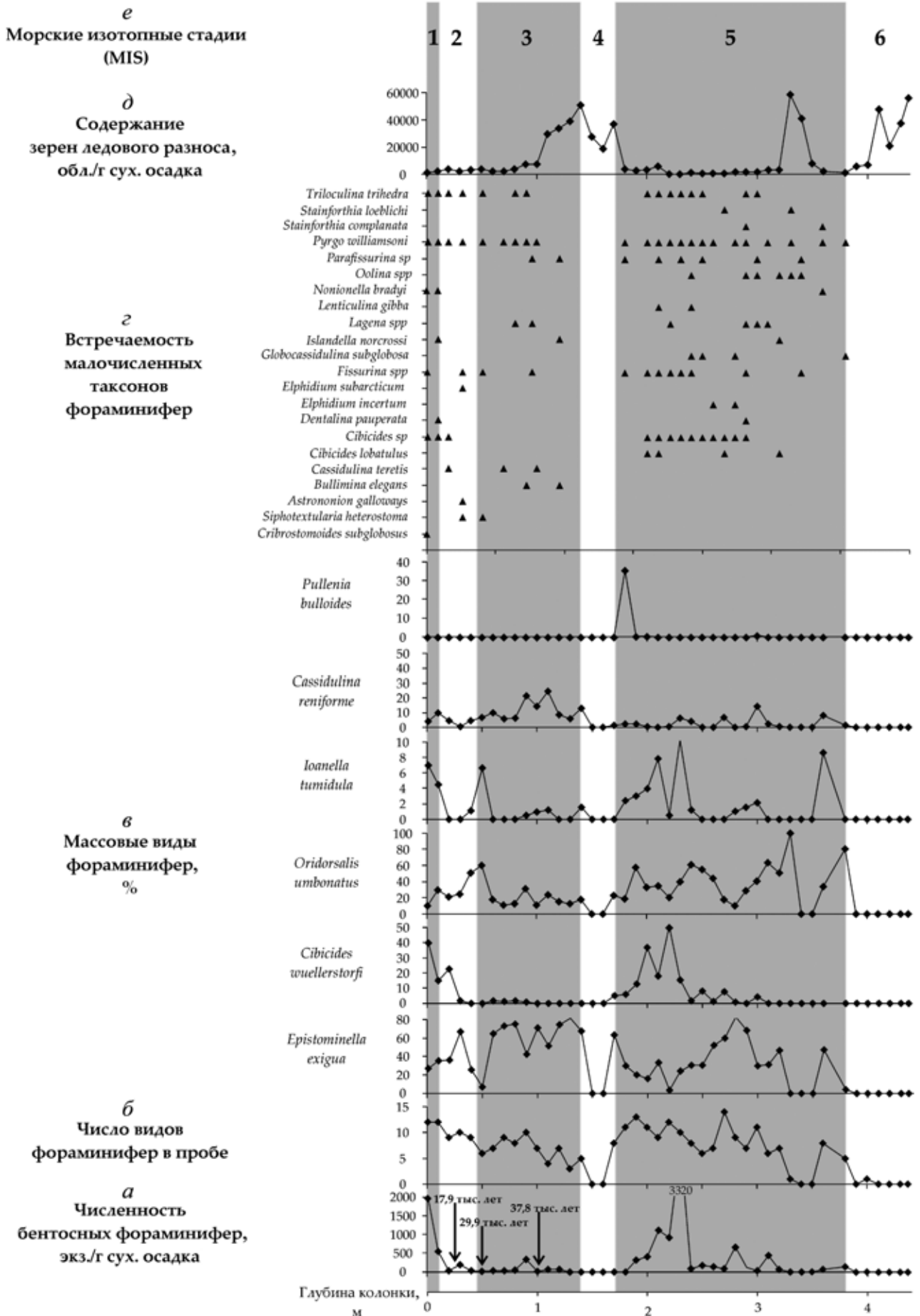


Рис. 2. Колонка 5536 ТБД АМК-68 на хр. Мона и характеристики ее разреза

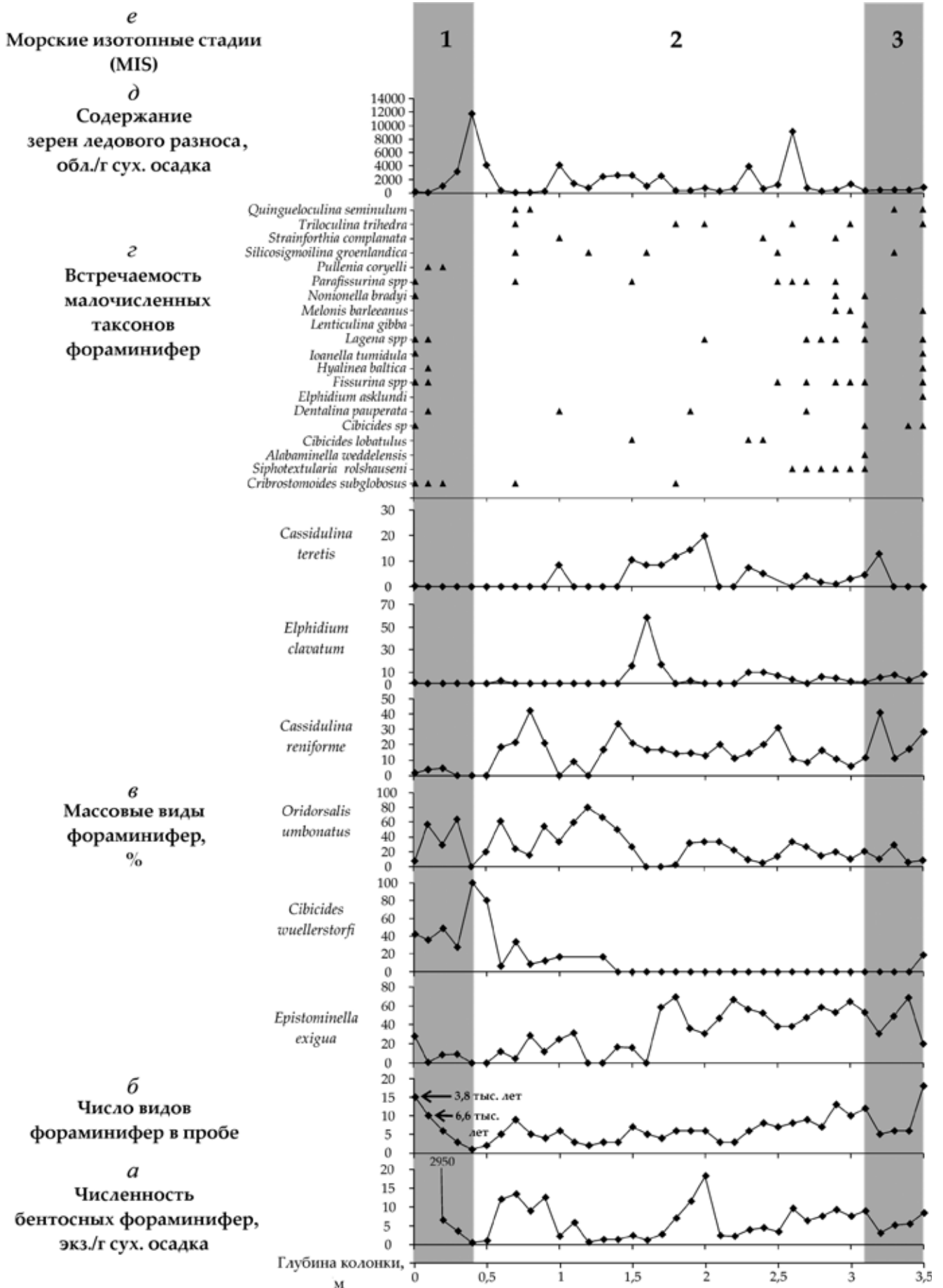


Рис. 3. Колонка 5524 ТБД АМК-68 с подножия Баренцевоморского континентального склона (конус выноса о-ва Медвежий) и характеристики ее разреза

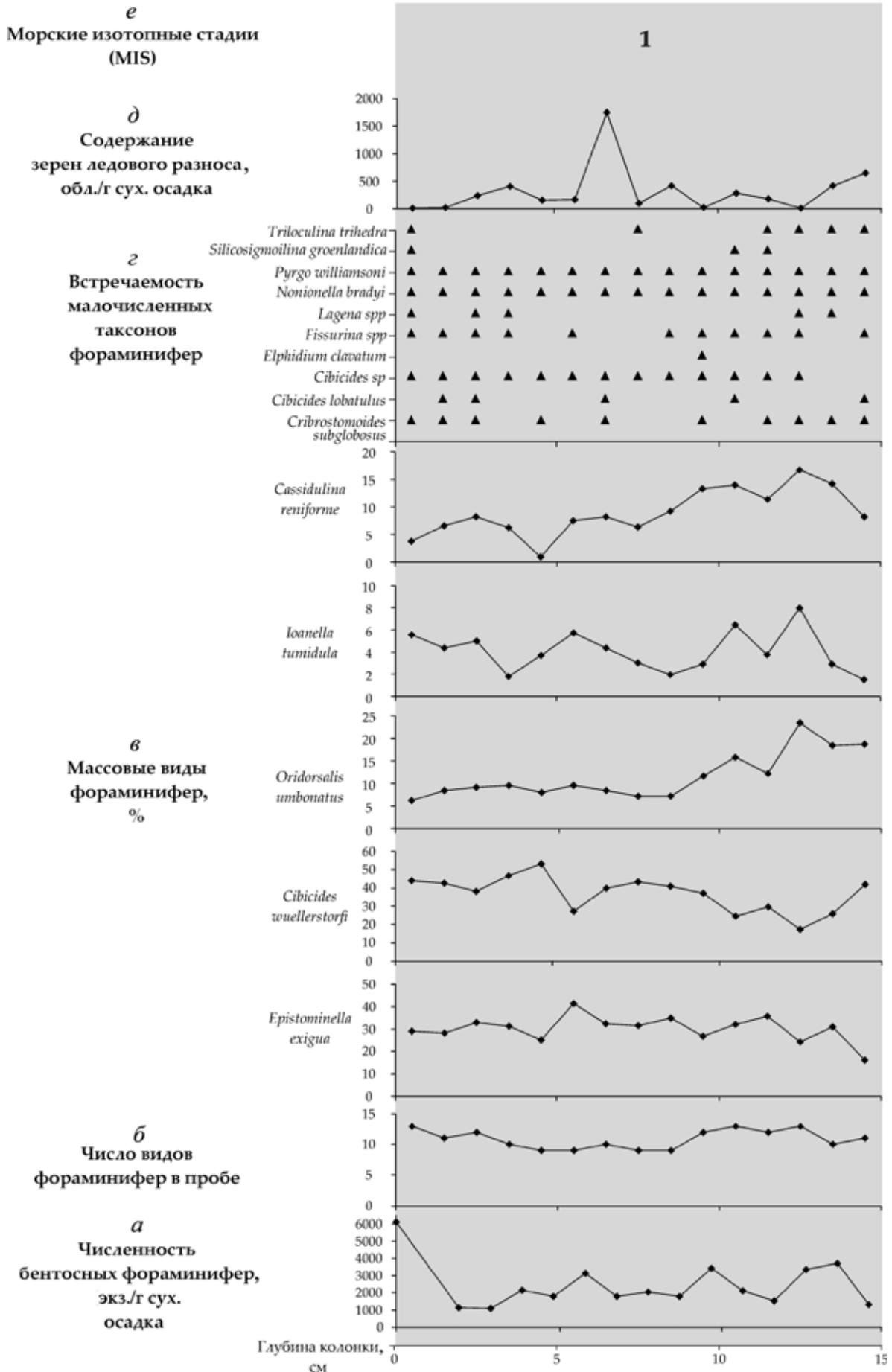


Рис. 4. Сообщество бентосных фораминифер колонки-дочерпателя на станции 5536 АМК-68

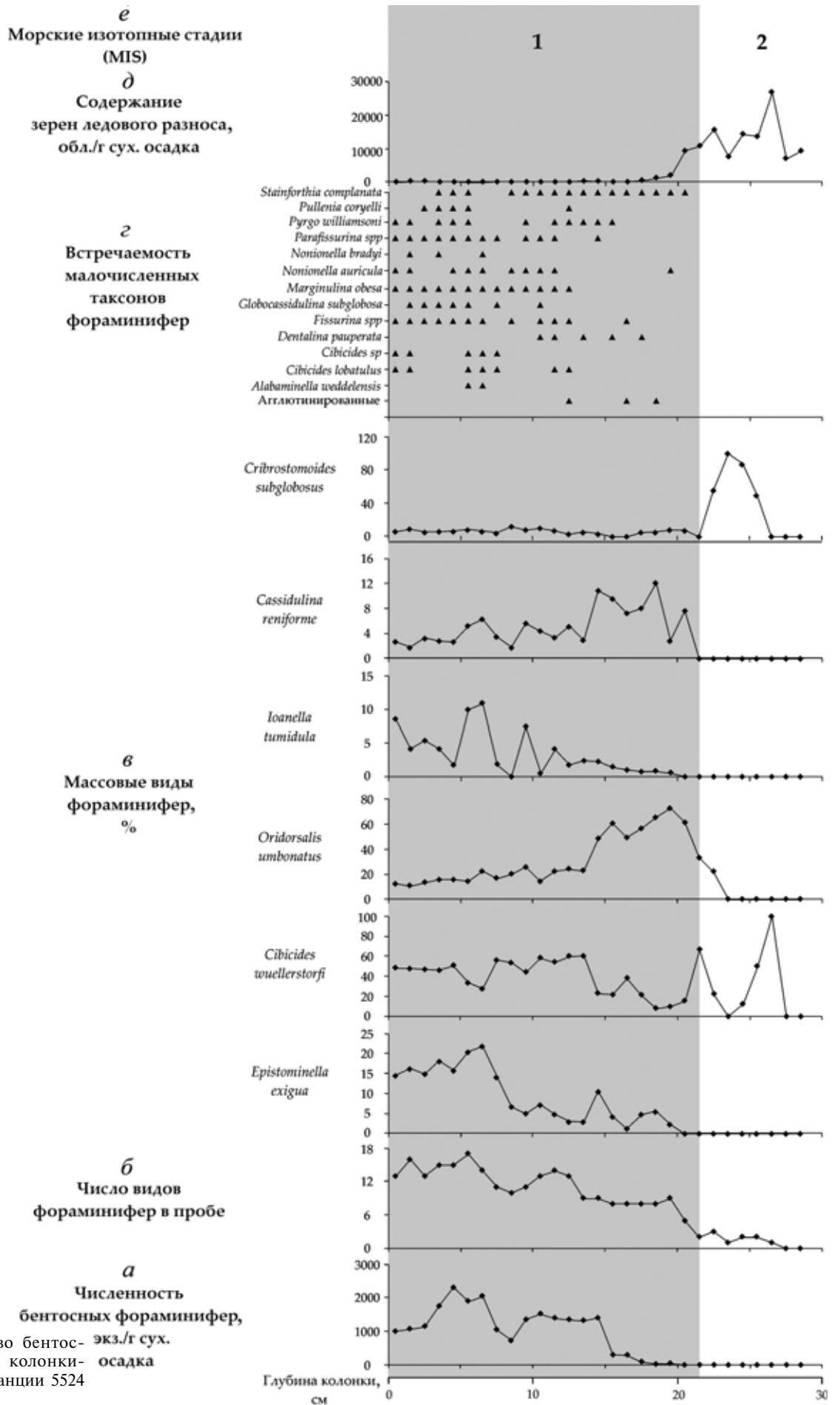


Рис. 5. Сообщество бентосных фораминифер колонки-мультикорера на станции 5524 АМК-68

фер, IRD и возрастные привязки представлены на рис. 2–5.

Совокупность седиментологических и микропалеонтологических данных, полученных для колонок АМК 5536 и АМК 5524, позволила выделить 6 комплексов, которые отвечают морским изотопным стадиям MIS (marine isotope stages), а также сделать стратиграфические привязки и реконструировать серию параметров палеосреды. Возрастные границы стадий MIS даны в соответствии с данными работы [Lisiecki, Raymo, 2005].

Отложения морских изотопных стадий MIS 6, 5 и 4 вскрыты только в колонке 5536 ТБД (рис. 2).

Стадия MIS 6 (140–130 тыс. л. н.) выделена на основе отсутствия раковин бентосных фораминифер. Этот слой характеризуется также высоким содержанием IRD (50 000–60 000 обл./г сух. осадка). Эти значения IRD отвечают отложениям стадии MIS 6 в колонках пролива Фрама [Bylinskaya et al., 2016].

Стадия MIS 6 выделена в разрезе как ледниковая эпоха среднего плейстоцена. Начало оледенения привело к гляциоэвстатической регрессии и увеличению площади Северо-Евразийского ледникового щита, захватывавшего большую часть Евразии и прилегающие к ее границам окраинные моря. Это отразилось в пелагической и батиальной частях бассейна резким снижением биопродуктивности вплоть до полного отсутствия раковин бентосных фораминифер.

В статье [Bylinskaya et al., 2016] указано, что стадия MIS 6 имеет большую мощность, а в ее отложениях отмечено обильное присутствие раковин бентосных фораминифер. В нашем случае изученный интервал стадии в колонке АМК 5536 имеет маленькую мощность и находится в терминальных слоях колонки, вследствие чего бентосные фораминиферы могли отсутствовать. Таким образом, соответствующий вывод, который был сделан ранее, относится только к верхней части стадии MIS 6.

Стадия MIS 5 (130–71 тыс. л. н.) характеризуется увеличением численности бентосных фораминифер до 100–500 экз./г сух. осадка. Затем она достигла максимума (более 3000 экз./г сух. осадка) и сохранила свои высокие значения до конца стадии. Увеличилось таксономическое разнообразие бентосных фораминифер: с одной стороны, появились массовые виды *Epistominella exigua* (Brady, 1884), *Cibicides wuellerstorfi* (Schwager, 1866), *Oridorsalis umbonatus* (Reuss, 1851), *Ioanella tumidula* (Brady, 1884) и *Cassidulina reniforme* (Nørvang, 1945), а с другой — малочисленные таксоны, сообщества которых подробно указаны на рис. 2–5. Внутри комплекса массовых и малочисленных форм отмечены стратиграфически важные виды *Pullenia bulloides* (d'Orbigny, 1846) и *Globocassidulina subglobosa* (Brady, 1881), которые маркируют начало и окончание стадии MIS 5 и ограничивают

этот интервал временным отрезком 130–71 тыс. л. н. [Bylinskaya et al., 2016; Struck, 1997]. Среди массовых видов фораминифер в начале горизонта отмечено доминирование вида *O. umbonatus*, который характерен для условий с низким потоком органического вещества [Rathmann, Kuhnert, 2008]. Затем его содержание постепенно снижается и к числу доминантов присоединяется другой массовый вид — *C. wuellerstorfi*, распространение которого указывает на активные гидрологические условия у дна и постоянный поток органического углерода (C_{org}) [Gottschalk et al., 2016]. Содержание IRD в этом интервале неравномерное: в начале комплекса фиксируется резкий пик концентрации материала ледового разноса, а затем внутри интервала содержание IRD падает до минимальных значений.

Стадию MIS 5 делят на подстадии, где MIS 5a, 5c и 5e — теплые интервалы, а MIS 5b и 5d — холодные. Можно предположить, что этот комплекс по свойствам и параметрам соответствует интервалу подстадии MIS 5a [Bylinskaya et al., 2016; Struck, 1997]. Отсутствие остальных подстадий можно объяснить перерывом в осадконакоплении, произошедшим в результате активизации рифтовой зоны хр. Мона, и непосредственной близостью места отбора колонки АМК 5536 к этой зоне [Пейве и др., 2009].

С началом стадии MIS 5a началось потепление климата, в ходе которого происходило сокращение ледникового щита, и его границы постепенно отступали к континентальной части Евразии. Водные потоки, образующиеся за счет таяния льда и усиления речного выноса, способствовали подъему уровня моря и изменению гидрологического режима. Открытые морские и хорошо аэрированные придонные условия привели к смене экологической обстановки и стимулировали периодическое «цветение» фитопланктона в пелагической части бассейна. Увеличение потока органического вещества и активная гидродинамика в придонной части бассейна создали благоприятные условия для роста популяции бентосных фораминифер.

Стадия MIS 4 (71–57 тыс. л. н.) по своим свойствам похожа на стадию MIS 6 и характеризуется отсутствием раковин бентосных фораминифер. Это подтверждается довольно большим привнесом IRD, что указывает на развитие ледника.

В течение стадии MIS 4 отмечен резкий переход к новому ледниковому периоду, тренд к более суровым температурным условиям. Таким образом, климатические условия и палеоокеанологическая обстановка стали аналогичны таковым в предыдущем ледниковом периоде MIS 6, в результате чего создались «голодные» и/или «мертвые» условия для обитания на дне бассейна бентосных фораминифер [Беляева и др., 1994].

Стадия MIS 3 (57–29 тыс. л. н.). Отложения стадии MIS 3, которая в полном объеме вскрыта

только в колонке АМК 5536, отличаются от нижежащего горизонта увеличением численности фораминифер (200–300 экз./г сух. осадка) и таксономического разнообразия, однако существенное повышение не наблюдается. Соотношение массовых видов и концентрация малочисленных таксонов фораминифер остаются аналогичны таковым в стадии MIS 5, но встречаемость фораминифер на порядок меньше. Единичные находки раковин реофильного вида *C. wuellerstorfi* и выход на передний план доминанта *O. umbonatus* указывают на пассивную гидродинамику придонных вод и низкий поток органического вещества. Среди доминантов в свою очередь отмечен вид *C. reniforme* — типичный представитель морей в западной части Северного Ледовитого океана, и он появляется в связи с активизацией трансарктического дрефта в Атлантическом бассейне [Polyak et al., 2002]. Также наблюдается первое появление малочисленного вида *Cassidulina teretis* (Tarpan, 1951), который маркирует активное проникновение трансформированных атлантических водных масс в Арктический бассейн [Овсепян и др., 2015]. Отметим, что в начале стадии фиксируются высокие значения содержания IRD (40 000–50 000 обл./г сух. осадка), которые затем быстро падают до минимальных.

Стадия MIS 3 характеризует интерстадиал (межстадиал) в последнем ледниковом периоде позднего плейстоцена. Климатические условия были менее теплыми, чем в межледниковый период. Во время кратковременного потепления возобновился активный водообмен между Арктическим и Атлантическим океанами. Однако в придонном слое гидрологический режим оставался пассивным. Все перечисленные условия способствовали увеличению биопродуктивности в бассейне и возобновлению развития бентосных фораминифер. Тем не менее на дно поступало гораздо меньше пищи в виде планктона, и сообщество бентосных фораминифер имело невысокую численность.

Стадия MIS 2 (29–11,7 тыс. л. н.) выделяется по радиоуглеродным датировкам и появлению в нижней части комплекса стратиграфического вида *Siphotextularia rolshauseni* (Phleger & Parker, 1951), который маркирует начало стадии MIS 2 [Struck, 1997]. Комплекс характеризуется низкой численностью бентосных фораминифер (10–20 экз./г сух. осадка), но видовое разнообразие и роль доминирующих видов сохраняются, в том числе и арктического вида *C. reniforme*. Вид-индикатор *C. teretis* распространен в течении всего этого интервала, а на станции АМК 5524 даже входит в состав массовых видов бентосных фораминифер. Содержание IRD в комплексе довольно высокое, но при этом сильно варьирует (от 500 до 12 000 обл./г сух. осадка): в районе хр. Мона снос практически прекратился, а в районе о-ва

Медвежий — продолжался, достигнув максимума к окончанию стадии.

Во время стадии MIS 2 произошло похолодание, которое привело к расширению ледового покрова, гляциоэвстатическому понижению уровня моря и уменьшению или прекращению притока органического вещества из поверхностного слоя воды. Наряду с похолоданием климата и ледниковой деятельностью в районе продолжалось взаимодействие между арктическими и атлантическими водными массами. Можно предположить, что активный водообмен между Арктикой и Атлантикой не давал возможности разрастаться ледниковому щиту в глубоководную часть бассейна, а атлантические и арктические течения приносили с собой фитопланктон, который формировал низкий поток органического вещества в придонную часть бассейна и обеспечивал сохранение популяции бентосных фораминифер в эту ледниковую эпоху.

В связи с небольшой скоростью осадконакопления в Норвежском море и дискретностью отбора образцов в колонке ТБД детально рассмотреть верхний (последний) комплекс оказалось возможно с помощью колонок дночерпателя и мультикорера (рис. 4, 5).

Стадия MIS 1 характеризуется резким ростом численности (2000–6000 экз./г сух. осадка), таксономического разнообразия бентосных фораминифер и резким уменьшением содержания IRD. Содержание массовых видов увеличивается, в их составе наблюдается новое появление доминанта — *C. wuellerstorfi*. Встречаемость малочисленных видов тоже увеличивается, наблюдается появление новых таксонов бентосных фораминифер, которые ранее не встречались (рис. 4, 5).

Ранняя фаза дегляциации MIS 1 соответствует границе (11,7 тыс. л. н.) [Бараш и др., 1987] окончания холодного позднего плейстоцена и начала теплой эпохи голоцена, которая продолжается до настоящего времени. Потепление климата сопровождалось сокращением ледникового щита, границы которого отступали на ближайшие острова и континент, а затем исчезли. Таяние ледникового щита спровоцировало постледниковую трансгрессию и постепенное затопление шельфа. В результате эти условия привели к смене гидрологического режима и изменению экологической обстановки как в пелагической, так и в придонной части бассейна. Потепление и отсутствие ледника сформировали постоянный вертикальный поток органического вещества, а активная гидродинамика и благоприятные придонные условия стимулировали развитие и появление новых видов бентосных фораминифер в бассейне Норвежского моря.

Выводы. 1. В Норвежском море на основе седиментологических и микропалеонтологических данных удалось выделить шесть комплексов, соответствующих морским изотопным стадиям MIS 6–MIS 1 в возрастном диапазоне 140 тыс.

л. н. — настоящее время. Они охватывают три геохронологических интервала (средний плейстоцен, поздний плейстоцен и голоцен) и совпадают с ледниковыми и межледниковыми периодами позднечетвертичного времени.

2. Присутствие атлантического вида *Cassidulina teretis* указывает на внедрение атлантических водных масс в Арктический бассейн, и, напротив, арктический вид *Cassidulina reniforme* маркирует проникновение в Атлантический океан вод трансполярного течения. Совместное доминирование этих видов-индексов в Норвежском море во время последней ледниковой стадии указывает на активный водообмен между Арктическим и Атлантическим океанами.

3. Подобно рассмотреть голоценовые осадки удалось с помощью колонок МК и ДЧ, данные которых хорошо коррелируют с показателями колонки ТБД. Начало голоцена во всех изученных колонках четко прослеживается по резкому возрастанию численности бентосных фораминифер и стремительному уменьшению IRD. Отметим, что в голоценовом комплексе

бентосных фораминифер появляются новые сопутствующие виды.

Таким образом, проведенные исследования глубоководных осадков из четырех колонок Норвежского моря позволили восстановить природные условия на современном этапе геологической истории Земли.

Благодарности. Авторы выражают благодарность профессору Л. Чжоу за предоставленные данные по AMS-датировкам, М.Д. Кравчишиной, А.Н. Новигатскому и Е.А. Новичковой за помощь в отборе проб и обсуждение полученных результатов, а также экипажу НИС «Академик Мстислав Келдыш».

Финансирование. Экспедиционные исследования выполнены при поддержке госбюджета (финансирование морских экспедиций) и Российского научного фонда (проект № 19-77-10044). Лабораторные исследования и подготовка статьи проводились в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема № 0149-2019-0007), а также проектов РФФИ (№ 18-05-70011, № 18-05-00503).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бараш М.С., Купцов В.М., Оськина Н.С. Атлантический океан: новые данные по хронологии событий позднего плейстоцена и голоцена // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1987. № 56. С. 3–16.

Безверхний В.А. Проявление характерных периодов колебаний орбитальных параметров Земли в палеоклиматических данных // Докл. РАН. 2013. Т. 451, № 3. С. 327–331.

Беляева Н.В., Хусид Т.А., Чеховская М.П. Климатические события и изменения циркуляции в плейстоцене в центральной части Северного Ледовитого океана // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1994. № 61. С. 5–13.

Овсеян Я.С., Талденкова Е.Е., Баух Х.А., Кандиано Е.С. Реконструкция событий позднего плейстоцена–голоцена на континентальном склоне моря Лаптевых по комплексам бентосных и планктонных фораминифер // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2015. Т. 23, № 6. С. 96–112.

Пейве А.А., Добролюбова К.О., Сколотнев С.Г. и др. Строение области сочленения хребтов Книповича и Мона (Северная Атлантика) // Докл. РАН. 2009. Т. 426, № 3. С. 355–360.

Bronk R.C., Allen M.J. Analysis of the radiocarbon dates and their archaeological significance // Stonehenge in its landscape: twentieth century excavations. L.: English Heritage, 1995. P. 526–535.

Bylinskaya M.E., Golovina L.A., Radionova E.P. et al. Paleoenvironments in the Fram Strait during marine isotope stages 2–6 based on planktonic paleobiological and stable-isotope proxies and ice-rafted debris // Quaternary Intern. 2016. N 420. P. 272–279.

Gottschalk J., Riveiros N., Waelbroeck C. et al. Carbon isotope offsets between benthic foraminifer species of the genus Cibicides (Cibicidoides) in the glacial sub-Antarctic Atlantic // Paleoceanography. 2016. Vol. 31, N 12. P. 1583–1602.

Holbourn A., Henderson A., Macleod N. Atlas of Benthic Foraminifera. N.Y.: Wiley, 2013. 654 p.

Jones R.W. The Challenger foraminifera. Oxford: Oxford University Press, 1994. 149 p.

Lisiecki L.E., Raymo M.E. A Pliocene–Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $d^{18}O$ records // Paleoceanography. 2005. Vol. 20. PA1003.

Polyak L., Korsun S., Febo L. et al. Benthic foraminiferal assemblages from the southern Kara Sea, a river influenced Arctic marine environment // Foraminiferal Res. 2002. Vol. 32, N 3. P. 252–273.

Rathmann S., Kuhnert H. Carbonate ion effect on Mg/Ca, Sr/Ca and stable isotopes on the benthic foraminifera *Oridorsalis umbonatus* off Namibia // Marine Micropaleontology. 2008. Vol. 66, N 2. P. 120–133.

Struck U. Paleocology of benthic foraminifera in the Norwegian–Greenland Sea during the past 500 ka // Contrib. to the Micropaleontology and Paleoceanography of the North Atlantic. Grzybozowski Fozindatiolz Spec. Pliobl. 1997. N 5. P. 51–83.

Taldenkova E.E., Nikolaev S.D., Stepanova A.Y. et al. Neopleistocene stratigraphy and paleogeography of the Amerasian Arctic Ocean basin inferred from lithological and paleontological data // Moscow University Bull. Geography. 2016. N 6. P. 3–17.

Поступила в редакцию 30.08.2019

Поступила с доработки 00.00.2020

Принята к публикации 00.00.2020