

ных осадков. Местоположение Баренцева моря в системе арктических морей делает его своеобразными «воротами» для поступления североатлантических вод на шельф Евразии, что несомненно положительно сказывается на усложнении структуры сообществ морских микроорганизмов и на их биоразнообразии. В главе рассмотрены исторические этапы изучения фитопланктона Баренцева моря и обобщены сведения по экологии многих видов диатомей и производных динофитовых водорослей – диноцист в зависимости от сезонов и гидрологии поверхностных вод.

Особое внимание уделено распространению данных микроостатков фитопланктона в поверхностных водах как отражению современного ледово-гидрологического сигнала, несмотря на общую бедность баренцевоморского шельфа органическими остатками, связанную главным образом с перераспределением тонкозернистых частиц по элементам рельефа дна и растворением отдельных створок. Кроме того, отличительной особенностью танатоценозов Баренцева

моря является частая встречаемость переотложенных палеогеновых и меловых форм видов диатомей и диноцист. Несмотря на все сложности в нахождении микроостатков в донных осадках, обобщены данные по характерным ассоциациям, связанным, главным образом, с перераспределением относительно теплых североатлантических вод.

В завершении в главе рассмотрены вопросы по изучению микрофоссилий в колонках и скважинах на шельфе Баренцева моря и прилегающих к нему областей материкового склона и приведено обобщение обширнейшего материала по изменению условий седиментации в плейстоцене и голоцене.

Благодарности. Авторы глубоко признательны академику А.П. Лисицыну за общую идею данной главы. Работа выполнена в рамках ГЗ-АААА-А16-116032810080-2 (диатомовые исследования) и Государственного задания ИО РАН, тема № 0149-2019-0007 (исследования диноцист).

2.4. Остракоды в осадках арктических шельфовых морей Евразии (стратиграфия и палеорекострукции)

А.Ю. Степанова¹, Е.Е. Талденкова²

¹Университет А&М Техаса, Колледж Стэйшин, США

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

В работе представлены результаты анализа комплексов остракод из различных местонахождений в пределах арктических морей Лаптевых, Карского и Белого. Показано, что ископаемые четвертичные комплексы остракод имеют современные аналоги, являются достаточно надежными индикаторами параметров палеосреды и могут использоваться для интерпретации экологических обстановок прошлого. Данные по диапазону распространения отдельных таксонов современных арктических и бореальных остракод дают возможность интерпретации даже таксономически бедных образцов.

Позднеплейстоцен-голоценовые комплексы остракод шельфов восточной Арктики и их смена вверх по разрезу отражают смену обстановок при постепенном удалении от берега и увеличении глубины в ходе послеледникового подъема уровня моря. В разрезе с континентального склона ископаемые комплексы отражают периоды усиления влияния трансформированных атлантических вод, поступления талых ледниковых и речных вод.

Позднезаальские-земские комплексы из района Белого моря содержат виды, встречающиеся как на арктических шельфах, так и значительно южнее, большая часть встреченных видов переносит пониженные солености. Смена комплексов отражает переход от начального периода затопления с активной гидродинамикой к стабильным морским условиям с последующим потеплением и обмелением бассейна.

Ключевые слова: остракоды, стратиграфия, палеорекострукции

DOI: 10.29006/978-5-6045110-0-8/(9)

ВВЕДЕНИЕ

Остракоды представляют собой важную группу бентосных организмов, населяющую как пресноводные, солоноватоводные, так и морские акватории. Таксономический состав комплексов остракод сильно зависит от обстановки обитания, их виды часто привязаны к определенному набору параметров сре-

ды и, таким образом, смена комплексов остракод отражает смену характеристик водных масс во времени [Степанова и др., 2010].

Современные остракоды морей Арктики и прилежащих высокоширотных районов являются достаточно хорошо изученной группой организмов. Первые таксономические работы относятся к концу

XIX в., они содержат краткие описания и рисунки остракод, в основном из западно-европейской части Арктики и из Северной Атлантики. Во второй половине XX века появилось много подробных таксономических работ с описаниями и фотографиями современных остракод, выполненными на электронном сканирующем микроскопе [Neale, Howe, 1975; Whatley, Masson, 1979; Whatley, Coles, 1987; Athersuch et al., 1989; Brouwers, 1990, 1993, 1994; Whatley et al., 1996, 1998; Stepanova et al., 2003, 2004, 2007; Stepanova, 2006; Шорников, Зенина, 2006], а также базы данных по распространению современных остракод [Gemery et al., 2017; Шорников, 2001, 2004]. Эти работы содержат детальную информацию о глубине, солёности и температуре обитания различных видов остракод, что позволяет достаточно точно реконструировать обстановки прошлого. На настоящий момент наиболее хорошо изученными являются моря Баренцево, Карское и Лаптевых, залив Аляска и море Бофорта, а также Балтийское море, прибрежные воды Великобритании и восточной Гренландии, а наименее изученными остаются Чукотское, Восточно-Сибирское и Белое моря.

Анализ распределения видов остракод в районе Баренцева моря был впервые предпринят Нилом и Хоуи [Neale, Howe, 1975]. Авторы проанализировали данные об остракодах Русской Гавани (глубина 15 м), и описали типичный мелководный комплекс из 45 видов с преобладанием трахилеберид, гемцитерид и рода *Sarsicytheridea* (*Eucytheridea*). Авторы сравнили фауну остракод Русской Гавани с другими районами Баренцева моря. Два образца из коллекции Брейди содержали 9 видов мелководных остракод с глубин 18–27 м, два вида было найдено в образцах Элофсона из этого района. Для района Шпицбергена были использованы коллекции Клие и Мюллера, всего было определено 13 видов остракод, образцы взяты с глубин 36–1000 м и содержали как мелководные, так и типичные глубоководные таксоны; также там присутствовали типичные представители западно-арктических видов остракод. Для сравнения с центральной частью Баренцева моря Нил и Хоуи использовали образцы из экспедиции научно-исследовательского судна «Видаль» (H.M.S. “Vidal”, 1955). Образцы содержали очень мало остракод, принадлежащих к шести видам. Из окраинной, западной части Баренцева моря, с глубин 64–374 м была определена разнообразная фауна с 59 видами остракод, среди которых были виды, характерные для вод Северной Атлантики. База данных по арктическим подокопидам содержит сведения о фауне остракод Баренцева моря из нескольких образцов [Gemery et al., 2017]. Дополнительные сведения об остракодах Баренцева моря можно также найти в работе Е.И. Шорникова [2001],

где он приводит список из 134 видов. В целом фауна остракод Баренцева моря довольно разнообразна по сравнению с восточно-арктическими морями и отражает значительное влияние атлантических вод.

С точки зрения изучения ископаемых четвертичных остракод, картина несколько иная. Фрагментарные сведения о третичных остракодах Англии и Шотландии можно найти в работах Т. Джонса [Jones, 1856] и Г. Брейди с соавторами [Brady, 1865; Brady, Crosskey, 1871; Brady et al., 1874], которые представляли собой, как и ранние работы по современным остракодам, лишь описание и иллюстрации раковин. Первые работы, анализирующие состав остракодовых комплексов, относятся уже ко второй половине XX столетия. Среди наиболее детальных реконструкций ряд работ заслуживают особого внимания. Одной из первых является работа Ф. Свейна [Swain, 1963], посвященная плейстоценовым остракодам формации Губик (Аляска). Автор выделяет пресноводные и морские толщи осадков согласно составу комплекса остракод, выделяются также солоноватоводные и морские виды. В работах О.М. Лев [Лев, 1972, 1983] проведен детальный анализ остракодовых комплексов из неоген-четвертичных отложений Малоземельской тундры, Западно-Сибирской низменности, арктических островов, полуострова Таймыр и северной части Анадырского залива, выделены комплексы остракод, позволяющие сопоставлять разновозрастные толщи разных районов. По отношению к солёности выделено три группы остракод (эугалинные, 30–40‰; брахигалинные, 18–30‰; плиогалинные, 10–18‰) и четыре группы по отношению к температуре (арктические, субарктические, холодные умеренные, теплые умеренные). Работы Т. Кронины [Cronin, 1977, 1981, 1989], посвященные изучению и интерпретации остракодовых комплексов моря Чемплейн (залив Св. Лаврентия), детально описывают различные комплексы остракод и дают их экологическую интерпретацию. Автором были выделены климатические стадии, соответствующие различному положению ледникового щита и степени затопления низовий р. Св. Лаврентия, а остракоды классифицированы согласно их встречаемости в водах различной солёности и температуры. К. Макдугал с соавторами [McDougall et al., 1986] детально описали мелководные плейстоцен-голоценовые комплексы остракод из семи буровых колонок залива Прудо северной Аляски, которые соответствовали пелукской (изотопная стадия 5e), симпсонской (изотопные стадии 5a,c) и фландрской (голоцен) трансгрессиям; для каждого интервала характерен свой набор видов, свидетельствующих о различной глубине, температуре, солёности и гидрологическом режиме. Автора-

ми изучались остракоды морей Карского и Лаптевых [Stepanova et al., 2003, 2006, 2007, 2011, 2012], были выделены шесть комплексов остракод, смена которых отражает постепенное удаление от берега и увеличение глубины в ходе послеледникового подъема уровня моря: пресноводный, солоноватоводный – эстуарный, морские внутреннего шельфа, среднего шельфа, внешнего шельфа и верхнего континентального склона. Каждый из комплексов имеет свой типичный набор видов-индексов.

Отдельно хотелось бы упомянуть моря Балтийское и Белое, значительно отличающиеся по своему составу остракод из-за пониженной солености.

Белое море остается достаточно мало изученным районом с точки зрения остракод. Первые работы в этом районе включают только описания небольшого числа видов. Так, Н.А. Акатова [Акатова, 1946] описала пять видов остракод из Онежского залива, а позднее Ю.А. Рудяков [Рудяков, 1962] привел описания двадцати видов из Кандалакшского залива Белого моря. В работе Н.В. Аладина [Аладин, 1985] рассматривались осморегуляторные адаптации остракод из Белого и Баренцева морей и приводился список из девятнадцати видов. А.Ю. Степанова изучала остракод Кандалакшского залива Белого моря по материалам, собранным во время студенческой практики [Степанова, 2002]; работа содержит изображения 13 видов остракод.

Е.И. Шорников многие годы занимался изучением арктических и субарктических районов, включая Белое море [Шорников, 1980, 2001; Шорников, Царева, 2002]. Им опубликована работа, посвященная роду *Jonesia Brady* из Белого и Баренцева морей [Шорников, 1980], а в 2001 г. – списки остракод с указанием их распространения в Белом, Баренцевом, Карском, Восточно-Сибирском и Чукотском морях, а также в море Лаптевых и центральной части Северного Ледовитого океана [Шорников, 2001]. Статья Е.И. Шорникова и О.А. Царевой [Шорников, Царева, 2002] посвящена изучению изменений скульптуры раковин в онтогенезе у беломорских представителей *Hemicythere villosa* [Sars, 1866]. В последней работе по современным остракодам Белого моря [Семенова, 2014] изучены и приводятся определения остракод из пресноводных водоемов на островах Кандалакшского залива. В целом знания о современных остракодах Белого моря фрагментарны, таксономические определения подтверждены недостаточным количеством изображений.

Ископаемые четвертичные остракоды района Белого моря изучены в еще меньшей степени. О.М. Лев [Лев, 1983] изучала остракод из неоген-четвертичных осадков Западной Арктики, в том числе из береговых

разрезов рек Мезени и Северной Двины. Ею в числе других был выделен комплекс остракод, отвечающий бореальной (эемской, микулинской) трансгрессии в Западной Арктике.

Нами были изучены остракоды из разреза эемских отложений, непосредственно залегающих на заальской (московской) морене. Всего было определено 37 таксонов и выделено три комплекса, отвечающих смене обстановок от ледниковой к межледниковой в сочетании с изменением глубины бассейна в процессе изостатического подъема после снятия ледниковой нагрузки [Stepanova et al., 2011].

Если район Белого моря не является достаточно изученным с точки зрения ископаемых четвертичных остракод, то район Балтийского моря изучен более подробно [Kristensen et al., 1998; Kristensen, Knudsen, 2006; Knudsen et al., 2012; Stepanova et al., 2019]. Во время эемского межледниковья эти территории соединялись [Funder et al., 2002; Miettinen et al., 2014] и имели схожую солоноватоводную фауну остракод [Frenzel et al., 2010]. Современные остракоды Балтийского моря также достаточно хорошо изучены, что позволяет использовать их экологические характеристики для палеорекоконструкций [Rosenfeld, 1977; Borck, Frenzel, 2006; Frenzel et al., 2005, 2010; Viehberg et al., 2008]. Соленость является основным фактором, определяющим распределение видов остракод как в Белом, так и в Балтийском морях [Frenzel et al., 2010].

Ниже мы рассмотрим методы изучения остракод из разрезов морских отложений и, основываясь на собственных данных, приведем описание распределения остракод в современных (поверхностных) осадках морей Лаптевых и Карского в зависимости от параметров среды, рассмотрим последовательность смены ископаемых комплексов остракод арктических морей в ходе послеледникового подъема уровня моря, а также смену ископаемых комплексов остракод во время предыдущего межледниковья в Белом море.

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ОСТРАКОД В МОРСКИХ ОСАДКАХ

Размер раковин остракод обычно не превышает 1 мм в длину, поэтому их изучение ведется под бинокулярным микроскопом. Подготовка образцов для исследования остракод ведется по стандартной методике для изучения микрофоссилий. Образцы грунта проходят замораживание и высушивание, после чего взвешиваются; в дальнейшем, численность раковин пересчитывается на полученный вес сухого образца. После этого осадок промывается на сите с диаметром ячеек 63 микрона. Оставшийся после промывки осадок высушивается и далее исследуется под микроскопом. Часто для удобства последующего

микроскопного изучения сухой осадок просеивается на несколько гранулометрических фракций – более 1000 микрон, 500–1000 микрон, 250–500 микрон, 125–50 микрон и 63–125 микрон, осадки менее 125 микрон, как правило, не содержат остракод.

Остракоды, в отличие, например, от фораминифер, не очень многочисленны в осадках, поэтому обычно выбираются все створки остракод из сухого промытого остатка образца. Нами, как правило, изучались образцы, изначальный сухой вес которых колебался в пределах 50–200 грамм, в зависимости от исходного гранулометрического состава осадков и от диаметра колонки и мощности отобранного интервала, которая обычно составляет 1–2 см, редко 3 см. Поверхностные образцы (верхний сантиметр осадка дночерпателя площадью 100 см²) и образцы из наземных разрезов могут иметь больший вес и объем, что позволяет отобрать больше раковинного материала для таксономического исследования. При подсчете створок один карапакс считается за две створки. Отдельно подсчитываются взрослые и ювенильные створки различных возрастных стадий, но для общей численности остракод в образце и для подсчета процентного содержания каждого вида они суммируются.

МАТЕРИАЛ

Район наших исследований охватывает побережье и шельф арктической части Евразии от Белого моря до моря Лаптевых. Образцы современных остракод из поверхностных осадков были отобраны в различных частях моря Лаптевых и в восточной части Карского моря (рис. 2.4.1, а, б). Все изученные образцы из морских колонок и наземного разреза имеют плейстоцен-голоценовый возраст и отражают смену потеплений и похолоданий и связанных с ними трансгрессий и регрессий.

Колонки из моря Лаптевых были получены в ходе экспедиции TRANSDRIFT V на борту НИС «Поларштерн» в 1998 году. Три колонки были отобраны с шельфа и приурочены к крупнейшим палеодолинам рек региона (рис. 2.4.1, а). На восточном шельфе колонка PS51/138-12 (далее PS138) мощностью 5.3 м происходит из палеодолины Лены (130°88.2 в. д., 75°12.3 с. ш., глубина 45 м), колонка PS51/135-4 (далее PS135) мощностью 5.6 м происходит из палеодолины Яны (133°24.3 в. д., 76°16.5 с. ш., глубина 51 м). На западном шельфе моря Лаптевых была отобрана колонка PS51/159-10 (далее PS159) мощностью 4.6 м из палеодолины Хатанги (116°03.2 в. д., 76°76.7 с. ш., глубина 60 м). Еще одна колонка PS51/154-11 (далее PS154) мощностью 7 м была отобрана с континентального склона западной части моря – (120°61.0 в. д., 77°28.6 с. ш., глубина 270 м) (рис. 2.4.1, а).

Колонка из Карского моря была получена в ходе экспедиции SIRRO-2000 на борту НИС «Академик Борис Петров». Колонка BP00/07-5 (далее BP07) мощностью 6.3 м происходит с восточного шельфа и приурочена к топографической депрессии дна – палеоэстуарию Енисея (81.1° в. д., 74.7° с. ш., глубина 43 м) (рис. 2.4.1, б).

Хронология колонок из морей Лаптевых и Карского основана на радиоуглеродных датировках (AMS) морского биогенного кальцита двустворок, остракод и фораминифер [Bauch et al., 2001; Taldenkova et al., 2005, 2008, 2010; Simstich et al., 2004; Талденкова и др., 2009].

Образцы для исследований остракод из осадков морских колонок имели мощность 2, реже 3 см, и отбирались либо непрерывно (колонка PS154), либо с различными интервалами (от 2 до 10 см).

Исследованный разрез морских осадков бореальной (земской) трансгрессии конца среднего – начала позднего плейстоцена находится на правом высоком берегу р. Пёзы (приток р. Мезени) примерно в 5 км вниз по течению от села Бычье. Опробование осадков разреза с интервалом 5 см было проведено авторами в ходе полевых исследований 2006 года (рис. 2.4.2, а).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТРАКОД В СОВРЕМЕННЫХ ОСАДКАХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ (НА ПРИМЕРЕ МОРЕЙ ЛАПТЕВЫХ И КАРСКОГО)

В основе всех реконструкций лежит материал по распространению современных остракод. Мы использовали как опубликованные данные по их распространению в морях Арктики, Западной Европы и Северного Ледовитого океана [Cronin et al., 2010; Gemery et al., 2017; Шорников, 2001, 2004 и др.], так и собственную базу данных по распространению остракод в морях Карском и Лаптевых [Stepanova et al., 2003, 2007; Stepanova, 2006]. Все изученные нами плейстоцен-голоценовые виды встречаются в современных морях, и для большинства из них можно определить диапазон обитания как по глубине, так и по солености. Некоторые виды приурочены к определенным водным массам, например, трансформированным атлантическим водам (рис. 2.4.1, а, б; табл. 2.4.1).

В морях Карском и Лаптевых комплексы донных остракод сходны и, в первую очередь, отражают изменения придонной солености в зависимости от влияния пресноводного стока и удаленности от берега. Всего было выделено четыре комплекса, которые постепенно сменяются по мере продвижения в море.

Пресноводный комплекс (*Cythere lacustris*, *Candona harmsworthi*, *Candona* spp., *Limnocythere* spp., *Cypria* sp.) приурочен к внутренним частям эстуариев Оби и Енисея, где средняя летняя придонная соле-

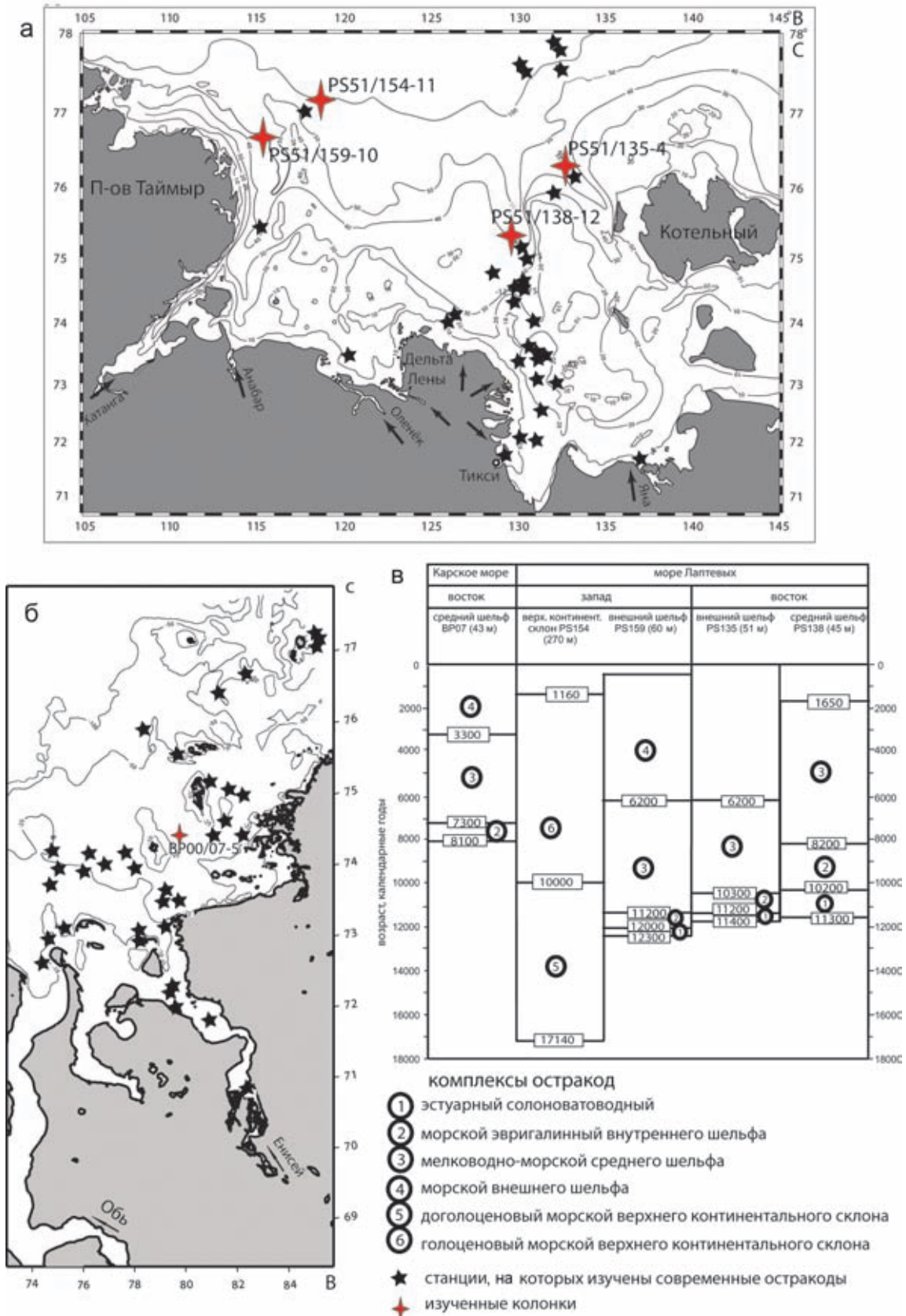


Рис. 2.4.1. Положение исследованных поверхностных образцов и колонок морских осадков в море Лаптевых (а) и в Карском море (б). Ископаемые комплексы остракод в исследованных колонках и их возрастные привязки (в)

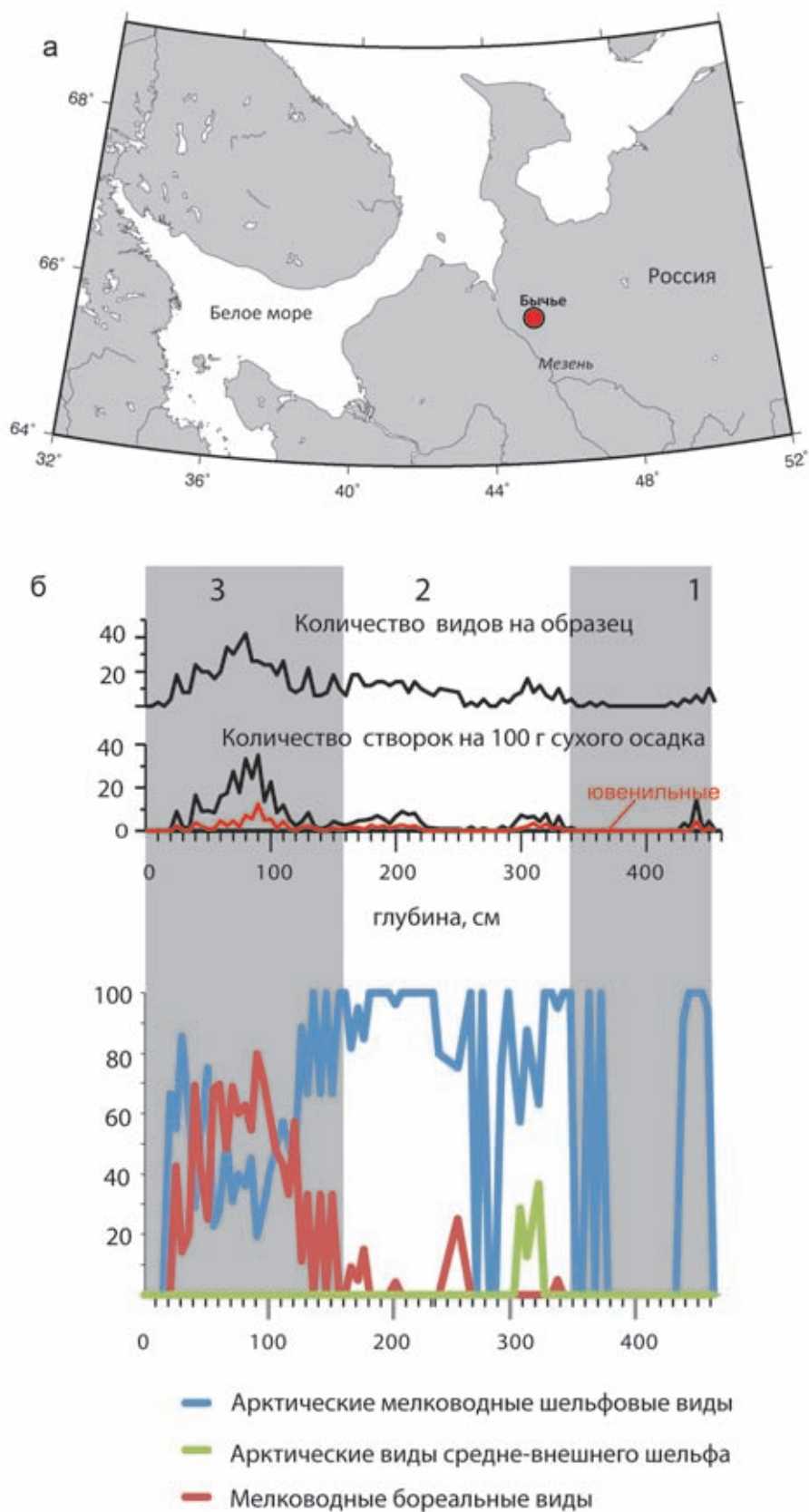


Рис. 2.4.2. Положение исследованного разреза Бычьё на побережье Белого моря (а). Распределение видового разнообразия, общей численности и экологических групп видов по разрезу (б). Цифрами сверху и чередованием серого и белого фона показаны ископаемые комплексы остракод

ность менее 2‰, а также к термокарстовым лагунам южного побережья моря Лаптевых.

Солоноватоводный комплекс охарактеризован видами *Cytheromorpha macchesneyi* и *Pteroloxa cumuloidea* и был выделен только в Карском море во внешней части эстуариев Оби и Енисея, где средняя летняя придонная соленость варьирует между 2 и 26‰. Этот комплекс охватывает и территорию, в пределах которой соленость резко увеличивается от 10 до 26‰.

Комплекс внутреннего шельфа выделен в восточной части Карского моря и в южной части моря Лаптевых в пределах глубин менее 20–30 м, где придонная соленость варьирует между 26 и 32‰. Этот комплекс таксономически разнообразен, в нем преобладают эвригалинные виды *Heterocyprideis sorbyana* и *Paracyprideis pseudopunctillata*.

Комплекс среднего и внешнего шельфа определен на шельфе обоих морей и на верхнем континентальном склоне восточной части моря Лаптевых, где влияние речного стока незначительно и средняя придонная соленость составляет более 32‰. Этот комплекс таксономически разнообразен с преобладанием многочисленных мелководно-морских видов (*Sarsicytheridea bradii*, *Cluthia cluthae*, *Cytheropteron elaei*, *C. sulense*, *Acanthocythereis dunelmensis*, *Semicytherura complanata*).

В более глубоких частях желоба Св. Анны (80–100 м) в Карском море и на западном континентальном склоне моря Лаптевых выделяется относительно глубоководный комплекс, в котором многочисленны такие виды, как *Cytheropteron tumefactum*, *C. arcuatum*, *Krithe glacialis*, *Argilloecia conoidea*, *Polycope* spp., *Vythyocythere constricta*, *Pseudocythere caudata*, наличие которых указывает не только на нормальную морскую соленость и глубину бассейна, но и на влияние трансформированных атлантических вод.

Интересно, что наряду с этими относительно глубоководными видами в составе комплексов остракод внешнего шельфа и континентального склона присутствуют и эвригалинные виды, доминирующие в прибрежном комплексе. Перенос мелководных остракод в более глубокие участки шельфовых морей Евразии, скорее всего, осуществляется морскими льдами. В короткий сезон осенних штормов и начала ледообразования в конце сентября, когда сезонная граница дрейфующих льдов находится на севере моря и большая часть акватории свободна ото льда, мощное штормовое перемешивание приводит как к взмучиванию осадков в мелководной прибрежной зоне, так и к одновременному переохлаждению не только поверхностных слоев воды, но и придонных вод, что ведет к образованию донного льда, в последующем

всплывающего к поверхности [Eicken et al., 1997; Reimnitz et al., 1987, 1994, 1998]. В результате, раковины мелководных бентосных организмов, включая остракод, вмержают в быстро образующийся новый дрейфующий лед, который уносится ветрами к их границе и включается в состав многолетних дрейфующих льдов. Эти льды постепенно попадают в систему трансполярного дрейфа и выносятся за пределы Арктики в Северную Атлантику. В процессе дрейфа они частично подтаивают во время летних сезонов и сгружают на дно содержащиеся в них включения. Именно эти бентосные организмы, принесенные льдами, сформированными в период осеннего ледообразования, попадают при последующем летнем таянии в осадки внешнего шельфа и континентального склона. Или же вытаивают по ходу дрейфа, попадая в осадки центральной Арктики и Сев. Атлантики. Те бентосные организмы, которые вмержают в зимние припайные льды, как правило, вытаивают на месте, потому что припайный покров как бы «съедается» летом теплом с обеих сторон. Со стороны суши – это относительно теплые речные воды во время половодья, а со стороны моря – это воды полыньи, прогреваемые весной за счет усиленного поглощения солнечного тепла морской водой во время полярного дня. Из всего этого следует, что чем холоднее климат и ближе к берегу находится сезонная граница дрейфующих льдов на период начала осеннего ледообразования, тем больше вероятность, что попавшие к ней новообразованные осенние льды с включенными в них раковинами мелководных бентосных микрофоссилий не будут унесены с трансполярным дрейфом за пределы моря в течение последующего первого зимнего сезона, а частично растают следующим летом в пределах внешнего шельфа и континентального склона моря, а раковины мелководных видов, соответственно, попадут в осадки этих районов моря.

ПОСЛЕЛЕДНИКОВЫЕ И ГОЛОЦЕНОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ОСТРАКОД АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ (НА ПРИМЕРЕ МОРЕЙ ЛАПТЕВЫХ И КАРСКОГО)

Шесть ископаемых комплексов остракод было выделено в изученных разрезах колонок морских осадков (рис. 2.4.1, в): эстуарный солоноватоводный (1); морской эвригалинный внутреннего шельфа (2); мелководно-морской среднего шельфа (3); морской внешнего шельфа (4); доголоценовый морской верхнего континентального склона (5) и голоценовый морской верхнего континентального склона (6а, б). Последовательность смены комплексов от эстуарного (1) к современным морским комплексам (2–4) наблюдается во всех изученных колонках из палеодолин

Таблица 2.4.1. Описание остракодовых комплексов и экологические характеристики видов, основанные на опубликованных и авторских данных

Преобладающие виды и виды-индикаторы	Экология	Данные о распространении и экологических предпочтениях видов
1	2	3
Эстуарный солоноватоводный комплекс (1)		
<i>Pteroloxa simuloidea</i> , <i>Cytheromorpha macchesleyi</i> , <i>Loxosoncha vepidermoidea</i>	С	– <i>P. simuloidea</i> и <i>L. vepidermoidea</i> часто встречаются вместе с прибрежными видами <i>P. pseudopunctillata</i> и <i>H. sorbyuana</i> [McDougall et al., 1986]. – <i>C. macchesleyi</i> и <i>P. simuloidea</i> составляют до 100% солоноватоводного комплекса в эстуариях Оби и Енисея, где придонная соленость ниже 26‰ [Степанова et al., 2007]. – В настоящее время <i>C. macchesleyi</i> является типичным представителем и часто доминирует в прибрежных обстановках (2–10 м) в морях Бофорта и Беринговом, а также других арктических районах [Brouwers et al., 2000].
<i>Heterocyprideis sorbyuana</i> , <i>Paracyprideis pseudopunctillata</i>	Э	– <i>P. pseudopunctillata</i> и <i>H. sorbyuana</i> – холодолюбивые виды – обитатели внутреннего шельфа, их присутствие указывает на опреснение [Brouwers et al., 2000]. – <i>H. sorbyuana</i> может обитать в условиях пониженного содержания кислорода [Frenzel et al., 2010].
<i>Cytheropteron sulense</i> , <i>Rabilimis septentrionalis</i>	ММ	– <i>C. sulense</i> является типичным представителем арктического мелководно-морского комплекса. В морях Лаптевых и Карском находки этого вида приурочены к диапазону глубин 15–75 м [Степанова et al., 2003, 2007]. – <i>R. septentrionalis</i> считается эвригалинным мелководным таксоном, который встречается вместе с <i>C. macchesleyi</i> в арктических мелководных обстановках с сезонно сниженной соленостью [McDougall et al., 1986].
Морской эвригалинный комплекс внутреннего шельфа (2)		
<i>P. pseudopunctillata</i>	Э	
<i>Cytheropteron elaei</i> , <i>C. suzdalskyi</i> , <i>C. montrosiense</i> , <i>R. septentrionalis</i> , <i>Palmenella limicola</i> , <i>Semicytherura complanata</i> , <i>Roundstonia globulifera</i>	ММ	– <i>C. elaei</i> встречается в морях Карском и Лаптевых в диапазоне глубин 20–50 м при солености >23‰, обычно в образцах с <i>A. dunelmensis</i> и <i>S. complanata</i> [Степанова et al., 2003, 2007], хотя известны находки и с больших глубин из залива Аляска [Brouwers, 1994] и других арктических местонахождений [Stonin et al., 1991]. – <i>C. suzdalskyi</i> был найден на глубинах 30–60 м в заливе Аляска [Brouwers, 1994]. В морях Лаптевых и Карском этот вид был обнаружен на глубинах 26–92 м при солености более 32‰ [Степанова et al., 2003, 2007]. – <i>P. limicola</i> является четким индикатором нормальной морской солености [McDougall et al., 1986]. В морях Лаптевых и Карском <i>P. limicola</i> встречается на глубинах 17–83 м при солености 29–34‰ [Степанова et al., 2007]. Шорников и Зенина [2006] указывают находки <i>P. dentomarginata</i> Акатова, 1946, который, вероятно, является синонимом <i>P. limicola</i> , с глубин от 8 м и солености около 20‰ в морях Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском. – <i>S. complanata</i> , по заключению Э. Броуверс с соавторами [Brouwers et al., 2000], является типичным представителем арктической промежуточной водной массы (220–1000 м), и находки его в мелководных распресненных районах маловероятны. Однако, Шорников и Зенина [2006] указывают находки <i>S. complanata</i> на глубинах 10–30 м при солености 20–32‰ в морях Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском; в морях Лаптевых и Карском он встречается на глубинах 11–80 м при солености 19–34‰ [Степанова et al., 2003, 2007]. – <i>R. globulifera</i> встречается на внутреннем и среднем шельфе при нормальной морской солености, отдельные находки известны из местонахождений с пониженной соленостью [Brouwers et al., 2000].

1	2	3
<i>Cytheropteron biconvexa</i> , <i>C. porterae</i> , <i>Bythocythere</i> spp.	Атл	– Эти виды встречаются только в комплексе 2 из разреза колонки PS159 из западной части моря Лаптевых.
<i>Мелководно-морской комплекс среднего шельфа (3)</i>		
<i>Acanthocythereis dunelmensis</i> , <i>Cytheropteron elaeani</i> , <i>C. suzadalskyi</i> , <i>S. complanata</i> , <i>P. limicola</i>	ММ	– <i>A. dunelmensis</i> обычно встречается в более глубокой части внутреннего и среднего шельфа [Brouwers et al., 2000; Lord et al., 1993]. В наших образцах из морей Карского и Лаптевых он встречается в диапазоне глубин 21–276 м при солености более 29‰, относительная численность вида достигает максимума на глубине 20–70 м [Stepanova et al., 2003, 2007].
<i>Морской комплекс внешнего шельфа (4)</i>		
<i>P. pseudopunctillata</i>	Э	
<i>A. dunelmensis</i> , <i>C. elaeani</i> , <i>P. limicola</i> , <i>R. globulifera</i> , <i>C. cluthae</i> , <i>Sarsicytheridea bradii</i> , <i>S. macrolaminata</i>	ММ	– <i>C. cluthae</i> встречается как на мелководье, так и на больших глубинах. В море Лаптевых вид наиболее многочислен на средне-внешнем шельфе и верхнем континентальном склоне, тогда как в Карском море он чаще встречается на мелководных участках [Stepanova et al., 2003, 2007]. Находки живых представителей этого вида описаны в заливах Нортон и Кука (Аляска) на глубинах 17–120 м вместе с <i>S. bradii</i> , <i>P. limicola</i> , <i>R. globulifera</i> и другими видами [Brouwers et al., 2000]. В [Belson et al., 1983] этот вид указывается для континентального склона Ньюфаундленда на глубинах около 1000 м. Живые экземпляры были также найдены в водах восточной Гренландии на глубине 1234 м [Whatley et al., 1996]. В [Cronin et al., 1994] этот таксон считается типичным представителем арктической промежуточной водной массы (220–1000 м). – <i>S. bradii</i> является мелководно-морским видом внутреннего шельфа, типичным для вод с пониженной соленостью [Brouwers et al., 2000], он встречается и на больших глубинах [Frenzel et al., 2010]. Интересно отметить, что в современных осадках внутреннего шельфа моря Лаптевых [Stepanova et al., 2003] <i>P. pseudopunctillata</i> является одним из самых многочисленных видов, тогда как в Карском море его замещает <i>S. bradii</i> и <i>S. macrolaminata</i> [Stepanova et al., 2007]. Причина, почему в сходных условиях преобладают разные виды, не известна, притом что и <i>P. pseudopunctillata</i> , и <i>S. bradii</i> встречаются в обоих морях [Шорников, Зенина, 2006], а также и в других арктических районах [Cronin et al., 2010]. – <i>R. mirabilis</i> предпочитает глубины до 60 м [Stepanova et al., 2003, 2007]. – <i>S. punctillata</i> , как правило, считается индикатором мелководных обстановок [McDougall et al., 1986], этот вид обычно встречается в мелководных арктических обстановках [Шорников, Зенина, 2006], а также на больших глубинах [Cronin et al., 2010]. В наших образцах из морей Лаптевых и Карского этот вид более многочислен на внешнем шельфе и на верхнем континентальном склоне и редко встречается на мелководье [Stepanova et al., 2003, 2007]. – <i>K. glacialis</i> указывает на холодные условия с низким содержанием питательных веществ [Cronin et al., 1994, 1995]. – <i>E. concinna</i> приурочена к участкам открытого моря и относительно большим глубинам [Frenzel et al., 2010].
<i>Rabilimiris mirabilis</i> , <i>Sarsicytheridea punctillata</i> , <i>Krithe glacialis</i> , <i>Elofsonella concinna</i>	ГМ	– <i>C. porterae</i> обычно встречается в водах Северной Атлантики на глубинах 2000–3800 м [Whatley et al., 1998; Alvarez Zarikian et al., 2009], в Гренландском море он приурочен к меньшим глубинам, 250–1100 м [Whatley et al., 1998], а в современных осадках морей Карского и Лаптевых он встречается на глубине 60–270 м [Stepanova et al., 2003]. Размеры створок в морях Карском и Лаптевых значительно меньше, чем в Северной Атлантике.
<i>Cytheropteron arcuatum</i> , <i>C. porterae</i> , <i>C. biconvexa</i> , <i>Argilloecia</i> spp.	Атл	

Доголоценовый морской комплекс верхнего континентального склона (5)		
1	2	3
<i>Pyocypris bradyi</i>	П	
<i>Pteroloxa</i> sp., <i>Cytherotomorpha</i> sp., <i>Loxosoncha</i> sp.	С	
<i>P. pseudopunctillata</i> , <i>H. sorbyana</i>	Э	
<i>S. complanata</i> , <i>A. dunelmensis</i>	ММ	
<i>K. glacialis</i> , <i>R. mirabilis</i>	ГМ	
<i>Cytheropteron pseudomontrosiense</i> , <i>C. tumefactum</i> , <i>C. porterae</i> , <i>Pseudocythere caudata</i>	Атл	Плиоцен-плейстоценовые находки <i>C. pseudomontrosiense</i> приурочены к западной и восточной частям Северной Атлантики, тогда как современное распространение вида – циркумполярное [Stepanova et al., 2004].
Голоценовый морской комплекс верхнего континентального склона (6)		
<i>H. sorbyana</i>	Э	– <i>H. sorbyana</i> может быть многочислен на внешнем континентальном склоне, вероятно, в результате переноса его створок льдами [Stepanova et al., 2003]. Известно, что остракоды могут переносить вмержание в лед; вытравивают изо льда живые экземпляры (И.А. Погодина, личное сообщение, 2008)
<i>C. cluthae</i>	ММ	– <i>C. cluthae</i> вместе с <i>E. concinna</i> и <i>H. sorbyana</i> были найдены в глубоководных осадках Северной Атлантики (2800 м) и отнесены к остракодам, перенесенным туда ледовым разномом [Alvarez Zarikian et al., 2009].
<i>R. mirabilis</i> , <i>K. glacialis</i> , <i>S. punctillata</i> , <i>Polyscope</i> spp.	ГМ	
<i>C. tumefactum</i> , <i>C. argusium</i>	Атл	– <i>C. tumefactum</i> был впервые описан О.М. Лев [1983] из доземских отложений района Енисея и верхне-четвертичных осадков района Белого моря. В современных осадках он встречается в водах Великобритании, а также Гренландском и Норвежском морях. В современных осадках морей Карского и Лаптевых он приурочен к модифицированным атлантическим водам.

Примечание: П – пресноводные; С – солоноватоводные; Э – эвригалинные; ММ – мелководно-морские; ГМ – глубоководно-морские; Атл – виды-индикаторы атлантических вод; все указанные солёности – придонные.

рек на шельфе морей Лаптевых и Карского (PS138, PS135, PS159, BP07). Относительно глубоководные остракодовые комплексы 5 и 6 из разреза наиболее глубоко расположенной колонки PS154, отобранной на западном континентальном склоне моря Лаптевых, отражают переход от ледниковой прибрежной обстановки к современной относительно глубоководной морской.

В табл. 2.4.1 указаны наиболее многочисленны и/или экологически значимые таксоны для всех шести выделенных комплексов и дана их палеоэкологическая интерпретация вместе с таксономическими замечаниями на основании наших собственных, а также опубликованных данных.

Несмотря на то, что общая тенденция в смене комплексов от эстуарного к нормально-морскому (комплексы 1–4) одинакова для всех колонок с шельфа, наблюдаются различия в зависимости от их расположения. Мы проанализировали таксономические различия в одних и тех же комплексах из разных точек отбора.

В конце позднего плейстоцена и в раннем голоцене в результате быстрого подъема уровня моря и близости береговой линии, скорости осадконакопления в палеодолинах рек на внешнем шельфе были высокими [Bauch et al., 1999, 2001; Taldenkova et al., 2005, 2008; Талденкова и др., 2009; Stepanova et al., 2012], и смена придонных условий была быстрой, что отражено в смене ископаемых комплексов остракод. К сожалению, переход от наземных к морским условиям не был зарегистрирован ни в одной из исследованных колонок в морях Карском и Лаптевых. Нижняя возрастная граница эстуарного солоноватоводного комплекса (1) меняется в зависимости от расположения колонки (рис. 2.4.1, в): от 12.3 тыс. л. н. в колонке PS159 (60 м), до 11.4 тыс. л. н. в колонке PS135 (51 м) и 11.3 тыс. л. н. в колонке PS138 (45 м). Длительность периода эстуарной фазы точно неясна в силу отсутствия сведений о ее начале, в исследованных колонках она варьирует от 200 до 1000 лет. В разрезе колонки из Карского моря этот комплекс отсутствует в связи с тем, что возраст основания разреза около 8 тыс. л. н.

Комплекс (1) характеризуется низким таксономическим разнообразием и, в основном, представлен эвригалинными и солоноватоводными, а также некоторыми мелководно-морскими видами. Общая численность остракод достаточно низкая, в среднем 10–40 экземпляров на 100 г осадка. Процентное содержание ювенильных створок в среднем около 25–50%. Согласно R.C. Whatley [Whatley, 1983], это может означать, что придонная обстановка была активной. По совокупности все вышеперечисленное указывает

на эстуарную гидродинамически активную обстановку с очень сильным пресноводным влиянием.

Комплекс (1) сменяется выше по разрезу комплексом (2), который не содержит солоноватоводные таксоны. Переход к комплексу (2) происходит в районе 12 тыс. л. н. в колонке PS159, 11.2 тыс. л. н. в колонке PS135, и 10.2 тыс. л. н. в колонке PS138 (рис. 2.4.1, в).

Комплекс внутреннего шельфа (2) таксономически более разнообразен, чем комплекс (1), что отражает переход к морским условиям (табл. 2.4.1). В нем преобладают мелководно-морские и эвригалинные виды. Этот комплекс сходен со своим современным аналогом из поверхностных образцов, представленным сообществом остракод, населяющих районы внутреннего шельфа до глубин 20–30 м, находящиеся под сильным влиянием речного стока. Комплекс характеризует обстановка со значительной сезонной изменчивостью условий, выражающейся в наличии припайного льда зимой и распресненного поверхностного слоя летом, образующегося из-за речного стока и таяния льда.

В то же время в колонках PS159 и BP07, расположенных на западе изученной территории, в составе данного комплекса встречаются и относительно глубоководные таксоны, которые достигают 30–50% в разрезе колонки PS159. Эти таксоны включают в себя как арктических (*Krithe* spp., *Argilloecia* spp., *Rabilimis mirabilis*), так и северо-атлантических представителей (*Cytheropteron biconvexa*, *C. porterae*, *Bythocythere* spp.) (табл. 2.4.1). Высокое содержание относительно глубоководных таксонов в шельфовых разрезах в раннем голоцене, вероятно, связано с близостью бровки шельфа и периодическим проникновением модифицированных атлантических вод с реверсивными течениями в речные палеодолины [Dmitrenko et al., 2001].

Средняя численность остракод в комплексе (2) низкая, менее 50 створок на 100 г осадка. Процентное содержание ювенильных створок в осадках из восточной части моря Лаптевых очень низкое (<25%), тогда как в западной части оно достигает 50–80%. Низкое содержание ювенильных створок на востоке отражает общую низкую численность и активную придонную гидродинамику. На западе моря Лаптевых более высокое содержание ювенильных створок говорит о более спокойной придонной обстановке. В Карском море процентное содержание ювенильных створок разных личиночных стадий достигает 80%.

Длительность существования комплекса (2) варьирует между 800 и 900 годами в разрезах PS159 и PS135 и до 2000 в колонке PS138 (рис. 2.4.1, в). Эти различия, видимо, связаны с более мощным пресноводным стоком реки Лены по сравнению с реками Яна и Хатанга. В разрезе BP07 в Карском море нижняя граница этого

комплекса не установлена, а продолжительность его существования превышает 700 лет.

Относительно бедный мелководно-морской комплекс среднего шельфа (3) был зарегистрирован во всех изученных разрезах в морях Лаптевых и Карском (рис. 2.4.1, в). В нем преобладают разнообразные мелководно-морские виды, тогда как эвригалинные и солоноватоводные отсутствуют или встречаются редко (табл. 2.4.1). В восточной части моря Лаптевых переход к комплексу (3) сопровождается увеличением содержания мелководно-морских видов и указывает на установление условий близких к современным. Различия таксономического состава в этом комплексе между разными колонками определяются влиянием атлантических вод. В отличие от восточной части моря Лаптевых, относительно глубоководные виды, включая северо-атлантические формы, встречаются на западе моря Лаптевых и на востоке Карского моря, что указывает на влияние атлантических вод, возможно проникавших с реверсивными течениями на шельф в голоцене.

Общая численность остракод низкая, менее 50 экземпляров на 100 г осадка. Однако наблюдается увеличение численности при переходе от комплекса (2) к комплексу (3), что наиболее ярко выражено в разрезе колонки PS159, где пик численности 250 экземпляров на 100 г осадка отмечен на уровне 10.2 тыс. л. н. [Талденкова и др., 2009; Stepanova et al., 2012]. Этот пик, видимо, отражает высокую сезонную продуктивность у края ледового покрова (как припайного, так и дрейфующего) и, возможно, соответствует короткому периоду времени, когда колонка располагалась в пределах среднемноголетнего положения полыньи. Процентное содержание ювенильных створок выше, чем в предыдущем комплексе (2), с более высокими значениями в восточной части моря Лаптевых, тогда как в его западной части и в Карском море оно сильно варьирует в диапазоне от 20 до 100%.

В колонках PS159 и BP07, расположенных на западе изучаемой территории, комплекс (3) замещается выше по разрезу морским комплексом внешнего шельфа (4) на уровне 6.2 тыс. л. н. в долине Хатанги и 3.3 тыс. л. н. на восточном шельфе Карского моря (рис. 2.4.1, в). Комплекс (4) практически идентичен в колонках PS159 и BP07, хотя в Карском море он отмечен в колонке со значительно меньшей глубины. Таксономический состав этого комплекса несколько противоречивый. С одной стороны, наблюдается увеличение таксономического разнообразия благодаря присутствию относительно глубоководных и североатлантических видов (табл. 2.4.1). С другой стороны, отмечается значительное увеличение доли мелководных эври-

галинных видов, в основном *P. pseudopunctillata*. Это увеличение отвечает повторному появлению этого вида после его почти полного исчезновения в комплексе (3). Отсутствие комплекса (4) на востоке моря Лаптевых в колонке PS138, которая расположена на той же глубине, что и колонка BP07, вероятно, связано с сильным опресняющим влиянием стока р. Лены на колонку PS138, с одной стороны, и, с другой стороны, с отклонением стока р. Енисей к востоку по отношению к месту расположения колонки BP07 после 6 тыс. л. н., установленному по сопоставлению скоростей аккумуляции в различных колонках с шельфа Карского моря [Stein et al., 2004]. Последнее привело к большему влиянию вод открытого моря на состав комплекса остракод колонки BP07. Отсутствие комплекса (4) в колонке PS135 связано с отсутствием отложений моложе 5 тыс. лет в этой колонке [Bauch et al., 2001].

Общая численность остракод в колонке PS159 составляет менее 50 экземпляров на 100 г осадка, но резко возрастает до 250 экз./100 г в верхних слоях, возможно, благодаря лучшей сохранности створок. В Карском море этот комплекс охарактеризован увеличением численности до 80 экземпляров на 100 г осадка. Ювенильные экземпляры в обеих колонках составляют 25–50%, что указывает на достаточно активную обстановку.

В силу своего положения на глубине 270 м на верхнем континентальном склоне западной части моря Лаптевых колонка PS154 отличается от остальных изученных шельфовых разрезов. Остракоды были найдены, начиная с отметки 673 см с экстраполированным возрастом 17.2 тыс. л. н. В этом образце было найдено всего четыре створки, принадлежащие видам *Cluthia cluthae*, *Cytheropteron laptevensis* и *C. paralatissimum*. Выше по разрезу остракоды отсутствуют и снова начинают встречаться в отложениях возрастом 15.6 тыс. л. н. и моложе. Таксономический состав самого древнего доголоценового комплекса (5) (табл. 2.4.1, рис. 2.4.1, в), датированного 15.6–10 тыс. л. н., близок комплексу (4), но отличается от него рядом признаков. Комплекс (5) включает два относительно глубоководных арктических вида (*Krithe glacialis*, *Rabilimis mirabilis*), которые особенно многочисленны в интервале 15.6–15 тыс. л. н. В этом же интервале встречаются несколько североатлантических видов. Разнообразные североатлантические виды встречаются по всему разрезу, становясь более многочисленными после 15 тыс. л. н. и указывая на присутствие атлантических вод. Придонная температура, скорее всего, практически не менялась в связи с тем, что модифицированные атлантические воды достигали море Лаптевых уже

значительно охлажденными (до 1°C к северу от Новосибирских островов) [Dmitrenko et al., 2010]. Самое высокое содержание североатлантических видов, отражающее периоды повышенного влияния охлажденных атлантических вод, наблюдается в интервалах 15–14.5 и 11.5–10 тыс. л. н. Также многочисленны эвригалинные и мелководно-морские виды среднего шельфа. На уровне 15 тыс. л. н. в прошлое песчаных осадков встречены солоноватоводные и даже пресноводные виды остракод, привнесенные с мелководных участков оползнями [Taldenkova et al., 2008, 2012]. Общая численность остракод в этом комплексе распределена очень неравномерно, как правило, составляет менее 50 экз./100 г с несколькими пиками до 120 экземпляров на 100 г осадка. Содержание ювенильных створок сильно варьирует от 0 до 100%, что дополнительно указывает на активную придонную гидродинамику и оползневую деятельность.

Переход к голоценовому комплексу верхнего континентального склона (6) происходит на уровне 10 тыс. л. н. (рис. 2.4.1, в). Общий таксономический состав комплекса менее разнообразен, чем у комплекса (5), из-за отсутствия мелководных таксонов (табл. 2.4.1). Комплекс (6) был подразделен на два подкомплекса (а, б), отвечающие интервалам 10–5.4 и 5.4–2 тыс. л. н. В первом подкомплексе преобладают относительно глубоководные виды *R. mirabilis* и североатлантический вид *Cytheropteron tumefactum*, наряду с ними присутствуют некоторые мелководно-морские виды (*Cytheropteron suzdalskyi* и *C. montrosiense*). Второй подкомплекс охарактеризован присутствием относительно глубоководных видов *R. mirabilis*, *K. glacialis* и *Sarsicytheridea punctillata*, эвригалинного вида *Heterocyprideis sorbyana* и североатлантического таксона *C. tumefactum*. Остальные виды встречаются в незначительных количествах. Подкомплекс 6б очень близок по составу к современному остракодному комплексу этого района [Stepanova et al., 2003]. Общая численность остракод в этом подкомплексе незначительно выше, чем в нижележащих слоях, и составляет 30–60 экземпляров на 100 г осадка. В подкомплексе 6а процент ювенильных створок очень низкий, что отражает и общую низкую численность, в подкомплексе 6б он вырастает до 10–50%, указывая на развитие обстановки близкой к современной. Наличие здесь большого количества створок эвригалинных видов указывает как на ледовый перенос, так и, возможно, на высокую толерантность этих видов к различным условиям среды.

На основании анализа комплексов остракод в морях Лаптевых и Карском были сделаны некоторые выводы о плейстоцен–голоценовой истории разви-

тия этих морей. Ископаемые комплексы отражают существенные изменения палеосреды, связанные с послеледниковым подъемом уровня моря и затоплением шельфа, а также с вариациями речного стока.

В истории развития изученного района было выделено три основных периода:

– 17.6–11 тыс. л. н. на западном континентальном склоне комплекс (5) свидетельствует о холодной морской придонной обстановке, испытывавшей влияние атлантических вод и пресноводного стока. Виды-индикаторы атлантических вод присутствуют в осадках, начиная с 17.2 тыс. л. н., и постоянно встречаются с 15.6 тыс. л. н. После 14.7 тыс. л. н. увеличение общей численности остракод указывает на рост поверхностной продуктивности в результате улучшения климата, усиление пресноводного стока и смещение сезонной границы льдов к северу. На внешнем шельфе, начиная с 12.3 тыс. л. н., наблюдается переход от эстуарной солоноватоводной обстановки к обстановке внутреннего шельфа;

– в раннем и среднем голоцене (11–6 тыс. л. н.) на западном континентальном склоне моря Лаптевых отмечается уменьшение ледового покрова, связанное с потеплением климата, и постоянное присутствие атлантических вод. В то же время на шельфе наблюдалось быстрое затопление и переход к нормальным морским условиям;

– поздний голоцен (6 тыс. л. н. и до современности) отвечает периоду стабилизации обстановок и установления условий близких к современным на фоне растущего похолодания климата.

КОМПЛЕКСЫ ОСТРАКОД ПРЕДПОСЛЕДНЕГО МЕЖЛЕДНИКОВЬЯ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ БЕЛОГО МОРЯ

Разрез Бычье расположен на северо-востоке Белого моря (рис. 2.4.2, а). Этот регион в результате трансгрессивного затопления в начале предпоследнего (эемского, микулинского) межледниковья после таяния огромного заальского (московского) ледника помимо сообщения с Баренцевым морем также имел в течение определенного времени сообщение и с Северным морем через территорию современного Балтийского моря [Funder et al., 2002; Miettinen et al., 2014].

Изученный разрез морских эемских отложений мощностью 4.55 м, непосредственно залегающих на заальской (московской) морене, обнажается на правом берегу р. Пезы (приток Мезени). В осадках разреза было определено 37 таксонов, многие из которых имеют привязку по солености и температуре воды [Frenzel et al., 2010], что позволило выделить три комплекса (рис. 2.4.2, б), отвечающих смене об-

становок от ледниковой к межледниковой в сочетании с изменением глубины бассейна в процессе изостатического подъема территории после снятия ледниковой нагрузки.

Наиболее древний комплекс был выделен в интервале 455–340 см. Согласно палинологическим данным этот интервал отвечает позднезальскому – раннеэемскому периоду времени (133–129 тыс. л. н.) [Rudenko et al., 2011]. Остракоды, встреченные в этом интервале разреза, относятся к виду *Normanicythere leioderma*. Это арктический нормально-морской таксон (табл. 2.4.1), здесь он наиболее многочисленен в нижних 10 см разреза. В современных арктических обстановках этот вид обычно встречается на глубинах менее 50 м. Этот комплекс интерпретируется как холодный арктический среднего и внешнего шельфа. Низкое таксономическое разнообразие и удовлетворительная сохранность указывают на активную гидродинамику. Об этом свидетельствуют и многочисленные находки окаменелых карапаксов древних видов, скорее всего, привнесенных речными водами.

На глубине около 350 см отмечено появление новых видов остракод и увеличение видового разнообразия. Второй выделенный комплекс отвечает интервалу разреза 340–160 см, что по палинологическим данным соответствует интервалу около 129–128 тыс. л. н. [Rudenko et al., 2011]. В этом комплексе доминируют мелководные морские виды *Elofsonella concinna*, *Sarsicytheridea punctillata*, *Cytheropteron elaei*, *Acanthocythereis dunelmensis*, а также эвригалинный вид *Heterocyprideis sorbyana* (табл. 2.4.1) [Frenzel et al., 2010]. Состав этого комплекса указывает на нормально-морские условия арктического среднего шельфа. Аналогичный комплекс был описан О.М. Лев [1983] как самый древний неогеновый комплекс из Тимано-Уральского региона. Согласно О.М. Лев [1983] присутствие *S. punctillata* и *E. concinna* указывает на морские умеренно холодные условия и отсутствие отрицательных температур зимой. Однако это не согласуется с нашими данными по современному распространению этих видов в поверхностных осадках морей Лаптевых и Карского [Stepanova et al., 2003, 2007], где они постоянно встречаются в условиях с круглогодично отрицательной придонной температурой близкой к точке замерзания.

В образце с глубины 315 см отмечены относительно глубоководные арктические таксоны *Krithe glacialis* и *Rabilimis mirabilis*, которые обычно встречаются на среднем и внешнем шельфах и верхнем континентальном склоне [Stepanova et al., 2003, 2007]. Их появление характеризует интервал максимальной относительной глубины послеледникового бассейна, который соответствует сочетанию высокого стояния

глобального уровня океана и наличия остаточного изостатического прогибания территории. Выше по разрезу эти виды исчезают, комплекс становится более разнообразным, благодаря появлению таких видов, как *Cluthia cluthae*, *S. bradii*, *Palmenella limicola*, *Robertsonites tuberculatus* (табл. 2.4.1). Они характерны для среднего и внешнего шельфов арктических морей [Stepanova et al., 2003, 2007], но могут встречаться и южнее, вплоть до британской и гасконской провинций (достигает побережья Испании), где средняя летняя поверхностная температура около 10–15°C [Frenzel et al., 2010].

Третий комплекс из верхней части разреза (160–0 см) по палинологическим данным отвечает времени 128–119 тыс. л. н. [Rudenko et al., 2011]. Он состоит как из типично арктических шельфовых форм (*S. bradii*, *S. punctillata*, *E. concinna*, *R. tuberculatus*, *Cytheropteron latissimum*), так и очень мелководных и более тепловодных бореальных форм (*Finmarchinella finmarchica*, *Patagonacythere dubia*, *Cythere lutea*, *Hemicytherura clathrata*, *Semicytherura undata*, *Hemicythere villosa*). Некоторые из этих мелководных видов встречаются в Балтийском море и не встречаются в центральной и восточной Арктике [Stepanova et al., 2003, 2007]. В некоторых образцах из верхних 100 см разреза тепловодные и мелководные виды преобладают над арктическими шельфовыми, отражая обмеление бассейна и летний прогрев вод. Сходный комплекс был выделен О.М. Лев [1983] в казанцевских отложениях на северо-востоке Западно-Сибирской низменности. Она также интерпретировала его как более тепловодный по сравнению с другими исследованными ею комплексами.

В результате, по составу ископаемых комплексов остракод из изученного разреза Бычье можно выделить три периода:

- затопления территории в ходе перехода от зальского ледниковья к эемскому межледниковью;
- углубления бассейна, стабилизации условий и повышения солености в раннем и среднем эеме;
- обмеления бассейна в среднем и позднем эеме, связанный с некоторым потеплением климата.

ВЫВОДЫ

Проанализированы комплексы остракод из различных местонахождений в пределах арктических морей Лаптевых, Карского и Белого. Показано, что ископаемые четвертичные комплексы остракод могут использоваться для интерпретации экологических обстановок прошлого. Они имеют современные аналоги и являются достаточно надежными индикаторами параметров палеосреды. Данные по диапазону распространения отдельных таксонов современных арктических и бо-

реальных остракод дают возможность интерпретации даже таксономически бедных образцов.

Позднеплейстоцен–голоценовые комплексы остракод шельфов восточной Арктики и их смена вверх по разрезу отражают постепенное удаление от берега и увеличение глубины в ходе последледи́кового подъема уровня моря: пресноводный, солонатоводный эстуарный, морские комплексы внутреннего, среднего, внешнего шельфа и верхнего континентального склона. В разрезе с континентального склона ископаемые комплексы отражают периоды усиления влияния трансформированных атлантических вод, поступления талых ледниковых и речных вод, катастрофических событий начала дегляциации. Каждый из комплексов имеет свой типичный набор видов-индексов.

Позднезаальские-эемские комплексы из райо-

на Белого моря содержат виды, встречающиеся как на арктических шельфах, так и значительно южнее, многие из них переносят пониженные солености. Смена комплексов отражает переход от начального периода затопления с активной гидродинамикой к стабильным морским условиям с последующим потеплением и обмелением бассейна.

Комплексы остракод устойчивы на большой площади и отражают историю развития регионов во времени.

Исследования Талденковой Е.Е. выполнены в рамках темы по Госзаданию Географического факультета МГУ 1.3. «Палеоклиматы, развитие природной среды и долгосрочный прогноз ее изменений» (АААА-А16-116032810080-2).

2.5. Последледи́ковая палеоокеанология Баренцева моря

Е.В. Иванова, И.О. Мурдмаа

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

В главе приводятся реконструкции границ ледниковых щитов, поверхностных и придонных обстановок в Баренцевом море для нескольких интервалов последледи́ковья. Рассмотрена эволюция этого бассейна в течение дегляциации в связи с изменениями климата Северного полушария и вариациями интенсивности поступления Атлантических вод от максимума последнего оледенения до голоцена. Особое внимание уделено смене доминирующих факторов осадконакопления и диахронности процесса дегляциации. Реконструкции основаны на собственных (более 30 колонок донных осадков) и литературных данных с учетом опубликованных региональных схем дегляциации. Ранний этап дегляциации Скандинавско-Баренцевоморского щита завершился к началу потепления беллинг–аллеред, с которым связано значительное усиление проникновения атлантических вод в Баренцево море во время реорганизации глобальной термохалинной циркуляции. В конце позднего дриаса и пребореале установлено новое усиление проникновения атлантических вод в шельфовые впадины. В голоцене ледово-морская седиментация в глубоководных трогах и впадинах бассейна сменилась морской гемипелагической.

Ключевые слова: дегляциация, микрофоссилии, литостратиграфические горизонты, радиоуглеродный возраст, айсберговый разнос

DOI: 10.29006/978-5-6045110-0-8/(10)

ВВЕДЕНИЕ

Развитие Баренцева моря в ходе глобального последледи́кового потепления (с ~18 до 9 календарных тысяч лет назад (далее кал. тыс. л. н.)) контролировалось распадом и таянием Скандинавско-Баренцевоморского ледникового щита [Svendsen et al., 2004; Mangerud et al., 2004; Siegert, Dowdeswell, 2002] и неравномерным гляциоизостатическим подъемом разных частей региона после снятия ледниковой «нагрузки» [Björck, 2008; Иванова, 2006; Ivanova, 2009; Lubinski et al., 2001; Harff et al., 2001; Andrén et al., 2011]. Последледи́ковая история Баренцева моря включа-

ет интервал дегляциации (~19–11.7 кал. тыс. л. н.) с тысячелетними осцилляциями, а затем интервалы установления (11.7–9 кал. тыс. л. н.) и развития (9–0 кал. тыс. л. н.) морских условий в голоцене. Результатом этого сложного процесса были значительные вариации палеоокеанологических параметров, таких как уровень моря, биопродуктивность, температура и соленость поверхностных и придонных вод, отразившиеся в смене комплексов планктонных и бентосных микрофоссилий, а также в изменениях различных литологических и геохимических индикаторов. В этом разделе рассматривается лито- и хро-