

УДК 563.14+574.9+577.472

ВТОРЖЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ POLYCYSTINA (EURADIOLARIA) В СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН. ПАЛЕЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

© 2008 Кругликова С.Б.¹, Бьерклунд К.Р.²

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН. 117997 Москва, Нахимовский проспект, 36, kruglikovasb@mail.ru

² Natural History Museum, University of Oslo, Department of Geology. P.O. Box 1172 Blindern NO-0318 Oslo, Norway, k.r.bjorklund@nhm.uio.no

Поступила в редакцию 20.03.2008

Аннотация

Авторами установлено, что не ранее чем 9–10 тысяч лет назад основная часть современной фауны полицистин (Polycystina, Radiolaria) мигрировала (и поступает ныне) из Норвежского моря в Центральный арктический бассейн и окраинные моря Евразийского сектора Северного Ледовитого океана; в моря Американо-Северного сектора полицистины проникают с подповерхностными водами Атлантики и в меньшей мере с тихоокеанскими поверхностными водами через Берингов пролив. Среди полицистин преобладают представители отряда Nassellaria. Иная (по сравнению с Норвежским морем и Северной Пацификой) структура сообществ полицистин с высокой степенью доминирования отдельных видов и таксонов высокого ранга подтверждают автохтонность фауны полицистин. Представленные в статье данные свидетельствуют о быстрых эколого-эволюционных изменениях сообщества полицистин в стрессовых условиях Арктики, высоком эндемизме арктической фауны, интенсивных процессах современного видообразования рода *Actinomma*.

Ключевые слова: полицистины, Nassellaria, Северный Ледовитый океан, род *Actinomma*, видообразование.

Введение

Polycystina (Euradiolaria, отряды Spumellaria и Nassellaria), – группа простейших, обитающих в океанах и морях с океанической соленостью, широко распространенная во времени и пространстве, начиная с Кембрия, ныне населяющая все океаны и большинство морей от Арктики до Антарктики. Это одна из групп кремневого микрозоопланктона, наиболее чувствительных к изменениям среды.

До 80-х годов XX века сведения о полицистинах Арктического бассейна и какие-либо целостные представления о фауне полицистин Северного Ледовитого океана в литературе отсутствовали. Имевшиеся сведения, преимущественно таксономического характера, сводились к немногочисленным работам конца XIX –

первой половины XX века, результатом которых явились в общей сложности находки 23 видов полицистин, установленных в планктоне отдельных районов Гренландского, Исландского, Норвежского, Баренцева и Карского морей, планктонологических разрезах от Северного полюса к Канадской котловине и в Чукотском море [Cleve, 1899; Jørgensen, 1905; Schroder, 1909, 1914; Бернштейн, 1934; Богоров, 1946; Hülsemann, 1963; Tibbs, 1967].

Материал и методика

Нами были исследованы полицистины из поверхностного слоя донных осадков, колонок и кернов бурения более чем из 1000 местонахождений современных и древних донных отложений Мирового океана, включая Норвежское (и в

частности, фьорды), Баренцево, Карское, Лаптевых, Чукотское, Берингово, Охотское, Японское моря, Центральный Арктический и Исландско-Гренландский бассейны, Атлантический и Индоокеанский сектора Антарктики.

Сухой натуральный осадок, полученный дночерпателями, мультикорером, трубками, или осадок кернов бурения обрабатывались по стандартной методике и заключались в канадский бальзам. Данные о количественном распространении полицистин рассчитывались на 1 г сухого осадка. Постоянные препараты изучались в биологических микроскопах (МБИ-1, Microphot-Rathenow и Zeiss Axiophot) в проходящем свете обычно при увеличении 250–300х, иногда 600х. Для изучения таксономии полицистин сделаны многие сотни рисунков (с помощью рисовального аппарата РА-1), около 1000 микрофотографий и более 3000 фотомикрографий полицистин (табл. 1) с помощью биологического микроскопа и видеокамеры Mitsubishi.

Полученные результаты

Из-за трудностей получения планктонологического материала, пятнистости распространения полицистин в планктоне, в связи с суточной и сезонной изменчивостью, малочисленностью их в планктоне до настоящего времени источником знаний о большей части фауны полицистин Мирового океана являются донные отложения, в которых многочисленны (особенно по сравнению с их содержанием в пробах планктона), широко распространены и относительно хорошо сохраняются кремневые скелеты полицистин. Они представляют собой средние многолетние данные о фауне, позволяющие использовать полицистин как для решения биологических проблем, так и задач палеорекоkonструкций, служат источником сведений для палеоэкологических и палеоокеанологических реконструкций.

Однако возможность их использования ограничена, в первую очередь, недостаточностью сведений по экологии, биогеографии, а также чисто таксономическими трудностями, которые являются как причиной, так и следствием отсутствия данных по инвентаризации фауны полицистин Мирового океана. На основании изучения полицистин из поверхностного (современного) слоя донных отложений Центральной части Северного Ледовитого океана и арктических окраинных морей нами впервые получены сведения о таксономическом составе и сравнительные данные о географическом распространении полицистин Арктики [Кругликова, 1988; Kruglikova, 1989; Bjørklund, Kruglikova, 2003].

Нами установлено, что распространенная ныне в Северном Ледовитом океане фауна полицистин впервые проникла сюда, по-видимому, из Гренландско-Исландско-Норвежского бассейна. Их первое появление в осадках Норвежского моря, датированное по изотопно-кислородным данным, соответствует возрасту 13400 ^{14}C [Jansen, Bjørklund, 1985], однако кремнистые отложения, отмеченные несколько севернее, в котловине Лафотен, появились там приблизительно на 1000 лет позднее (около 12450 лет тому назад) [Koc et al., 1993]. Точное время проникновения современных полицистин в Арктику севернее Норвежского моря неизвестно. Это, вероятно, произошло несколько позднее, чем их появление в котловине Лафотен – вблизи границы Плейстоцена/Голоцена или в раннем Пребореале около 10 000–9000 ^{14}C лет тому назад, что является показателем времени проникновения в Северный Ледовитый океан теплой атлантической воды. Это предположение подтверждается данными кислородно-изотопного датирования наиболее раннего появления тепловодного моллюска *Mytilus edulis* на Свальбарде 9800 лет тому назад [Salvigsen et al., 1992].

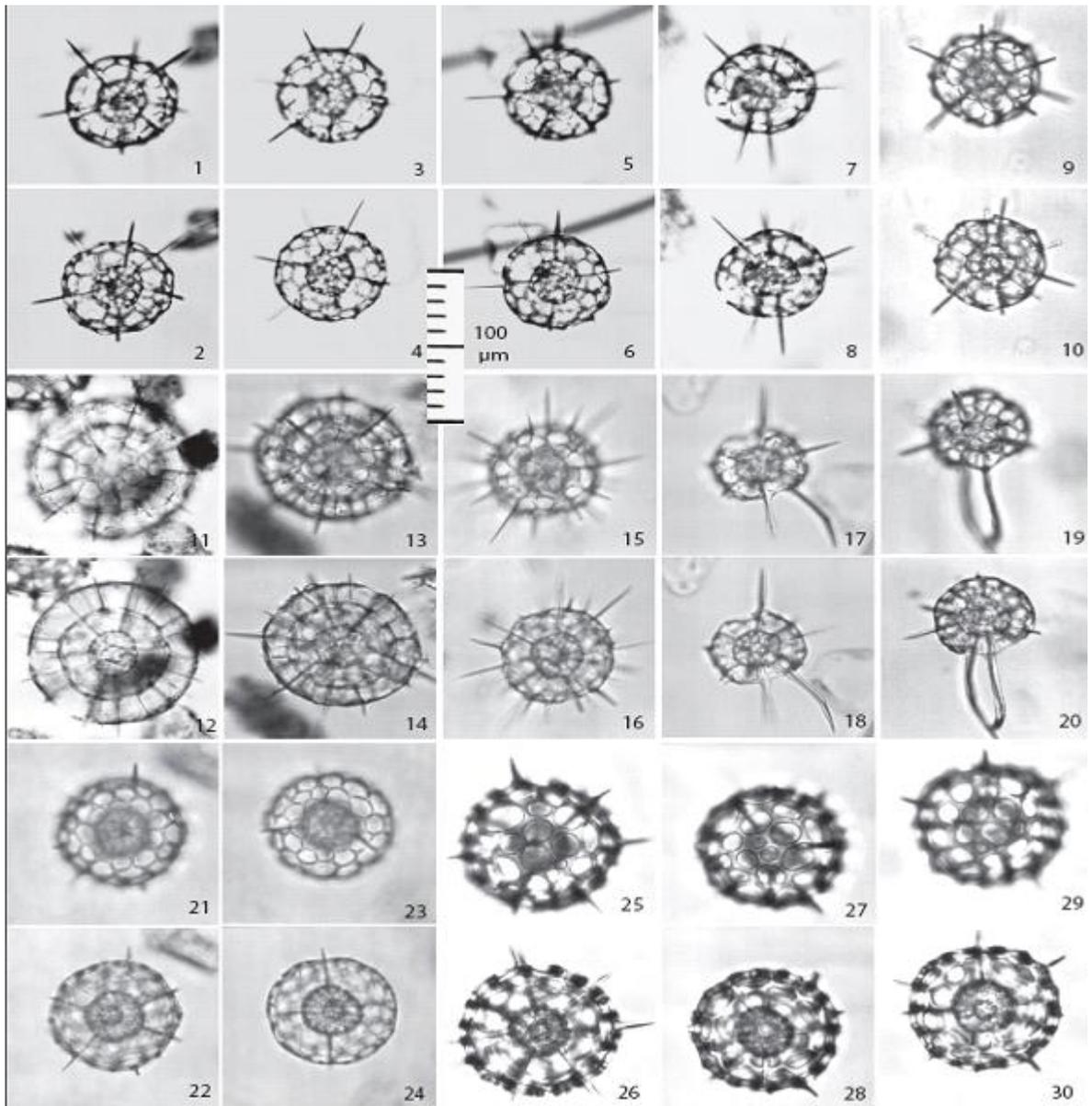


Таблица 1. Представители рода *Actinomma* из донных осадков Северного Ледовитого океана. Фотографии 1–10 – *Actinomma leptoderma leptoderma* (Jørgensen). Фотографии 1–6, SP59-217-2; один и тот же экземпляр при вращении: 1–2 – до вращения, 3–4 – после первого вращения, 5–6 – после второго вращения; фотографии 7–8, SP59-217-2, один и тот же экземпляр при разной фокусировке; фотографии 9–10, SP59-217-2, один и тот же экземпляр при разной фокусировке. Фотографии 11–16 – *Actinomma boreale* (Cleve). Фотографии 11–12, V23-59, один и тот же экземпляр при разной фокусировке; фотографии 13–14, V27-47, один и тот же экземпляр при разной фокусировке; фотографии 15–16, PS55-151-1, один и тот же экземпляр при разной фокусировке. Фотографии 17–20 – *Actinomma leptoderma* (Jørgensen) *leptoderma* Cortese and Bjørklund. Фотографии 17–18, SP59-219-2, один и тот же экземпляр при разной фокусировке; фотографии 19–20, PS55-151-1, один и тот же экземпляр при разной фокусировке. Фотографии 21–24 – *Actinomma georgii* Kruglikova et Bjørklund. Фотографии 21–22, PS59-287-1, один и тот же экземпляр при разной фокусировке; фотографии 23–24, PS59-208-1, один и тот же экземпляр при разной фокусировке. Фотографии 25–30 – *Actinomma turidae* Kruglikova et Bjørklund. Фотографии 25–26, PS59-219-2, один и тот же экземпляр при разной фокусировке; фотографии 27–28, PS59-287-1, один и тот же экземпляр при разной фокусировке; фотографии 29–30, PS59-208-1, один и тот же экземпляр при разной фокусировке (Указаны номера станций немецкого н.с. «Polar Stern», на которых были получены исследованные пробы) [Кругликова и др., 2007].

По-видимому, основная часть современной фауны полицистин мигрировала (и поступает ныне) севернее Норвежского моря в Высокую Арктику и окраинные моря двумя путями: через пролив Фрама в центральную часть Северного Ледовитого океана и котловины Высокой Арктики и с Северо-Атлантическим, а затем Нордкапским течениями попадает в окраинные арктические моря – Баренцево, Карское и Лаптевых (рис. 1). В Чукотское море полицистины поступают с подповерхностными водами из Атлантики. Возможно незначительная часть полицистин, обитающих в поверхностных слоях воды, мигрировала в Арктику из Тихого океана с тихоокеанскими поверхностными водами через Берингов пролив.

По нашему мнению [Кругликова, Бьерклунд, 2005; Kruglikova, 1999;

Bjørklund, Kruglikova, 2003; Kruglikova, Bjørklund, 2006], современная фауна полицистин Северного Ледовитого океана, наиболее близка по составу к фауне полицистин Норвежского моря, и, как и другие представители зоопланктона Арктики [Бродский, 1950], в основном является дериватом атлантической фауны. В течение нескольких лет поступившая из северной Атлантики в Северный Ледовитый океан вода, приносящая сюда фауну полицистин, совершив кругообороты в котловинах Нансена, Амундсена, Макарова и Канадской, возвращается через пролив Фрама в Гренландско-Исландско-Норвежский бассейн (рис. 1). Однако за это время и по составу, и по структуре сообществ фауна полицистин успевает претерпеть существенные изменения.

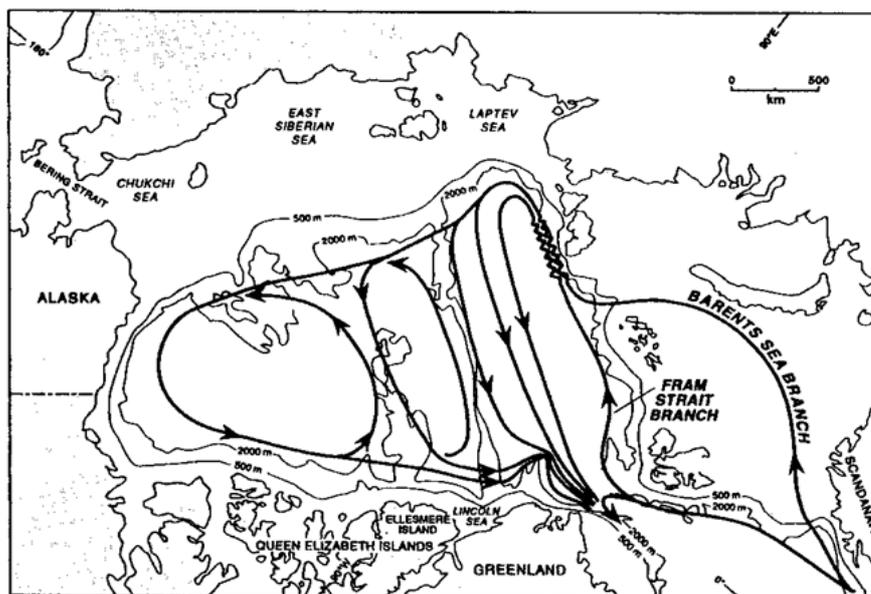


Рис. 1. Циркуляция в Северном Ледовитом океане атлантической и промежуточной глубинной воды (слой 200–1700 метров).

К.Р. Бьерклунд с соавторами [Bjørklund et al., 1998] показали, что в сообществе полицистин из поверхностного слоя осадков Исландского плато, района северной Атлантики, подстилающего холодную арктическую воду, наиболее многочисленны представители отряда Nassellaria (*Amphimelissa setosa*, *Pseudodictyophimus*

gracilipe и *Lithocampe platycephala*) при ярко выраженном доминировании семейства Cannobotryidae. В западной части Норвежского моря, в зоне смешения холодной арктической и теплой атлантической воды, в фауне полицистин также преобладают Nassellaria (*Lithocampe platycephala*, *Lithomelissa setosa*, *Actinomma leptoderma*

и *Artobotrys boreale*), но доминирует при этом семейство Eucyrtidiidae. В восточной части Норвежского моря, где распространена преимущественно теплая атлантическая вода, по-прежнему преобладают *Nassellaria (Pseudodictyophimus gracilipes, Lithomelissa setosa, Actinomma boreale, и Lithocampe platycephala)*, среди которых доминирует семейство Plagiacanthidae. Таким образом, отчетливо видно, что на разрезе «запад – восток» меняется характер доминирования в фауне полицистин от Cannobotryidae – Eucyrtidiidae к Plagiacanthidae.

Сведения о полицистинах из планктона Чукотского моря и моря Бофорта [Itaki et al., 2003] свидетельствуют, что их поступление с водами из северной части Тихого океана, по-видимому, ничтожно мало. В исследованных пробах отсутствуют и наиболее типичные для Северной Пацифики и Берингова моря виды полицистин. По мнению Т. Итаки с соавторами [Itaki et al., 2003], современная фауна полицистин в планктоне Северного Ледовитого океана наиболее сходна с фауной Атлантики. Отсутствие наиболее массовых и характерных видов полицистин из Северной Пацифики установлено и на основании исследования полицистин из донных отложений [Кругликова, 1988; Кругликова и др., 2007]. Хотя элементы фауны полицистин Тихого океана также мигрировали в Арктический бассейн, виды, самые массовые и широко распространенные в северной части Тихого океана – *Lithomitra arachnea, Stylochlamidium venustum*, виды отряда Spyrida и др., не встречаются в сообществах полицистин Чукотского моря.

В современном Северном Ледовитом океане, в целом, распространены, по нашим последним данным, 62 вида полицистин, относящихся к 2 отрядам и 10 семействам [Кругликова и др., 2007]. Полицистины, найденные в донных осадках в проливе Фрама (42 вида) и Чукотском море (40 видов), наиболее

разнообразны и многочисленны. При этом, многие из полицистин, установленных в проливе Фрама и в Чукотском море, не проходят далее в центральную часть Северного Ледовитого океана. Можно предположить, что и пролив Фрама, и Чукотское море являются областями экспатриации части атлантической и тихоокеанской фаун. У нас нет новых планктонологических данных относительно распространения полицистин в водах Центрального бассейна Северного Ледовитого океана, кроме тех немногочисленных работ, которые были названы выше. Однако, на основании исследования поверхностного слоя донных отложений, мы можем с уверенностью говорить о присутствии полицистин в Высокой Арктике, и прежде всего это касается доминирующих здесь полицистин рода *Actinomma*.

Время жизни особей полицистин в Арктике достоверно неизвестно, однако, известно, что в теплых водах океанов и морей оно предположительно около 30 дней. По данным А. Мацуоки [A. Matsuoka, личное сообщение, 2006], в аквариумном эксперименте полицистины оставались живыми до 75 дней. Для того, чтобы поступающие из Атлантики воды прошли от пролива Фрама до хребта Ломоносова, требуется около 7 лет [Rudels et al., 1994], а это означает, что встреченные в Высокой Арктике полицистины не просто принесены сюда атлантической водой, но и адаптировались к существованию, и оказались способными к размножению в суровых условиях Высокой Арктики. Это указывает на то, что Арктика не является лишь областью стерильного выселения полицистин. Присутствие в их сообществах огромного количества ювенильных экземпляров, отсутствие или незначительная роль видов массовых или доминирующих в Норвежском, Беринговом морях и Северной Пацифике, ярко выраженная иная, чем в перечисленных акваториях, структура сообществ с высоким уровнем доминирования единичных видов и таксонов высокого ранга свидетельствуют об автохтонном

характере арктической фауны полицистин.

Структура сообществ полицистин Северного Ледовитого океана более сходна со структурой сообществ полузамкнутых морских бассейнов (Охотского, Берингова морей, и морей Гренландско-Исландско-Норвежского бассейна) и неритических районов океанов, чем с сообществами открытых акваторий Тихого и Атлантического океанов. Именно для морских и неритических бассейнов характерно относительно низкое разнообразие и высокая степень доминирования единичных видов. Во многом, по-видимому, это сходство определяется сложным характером геоморфологии Арктического бассейна и его гидродинамического режима (см. рис. 1).

Сообщества полицистин представлены в Арктике видами аркто-бореальными, биполярными и видами космополитами. До последнего времени предполагалось, что эндемичные виды в Арктике отсутствуют, и единственным истинно арктическим видом является *Amphimelissa setosa*. Этот вид был встречен нами ранее [Кругликова, 1976, 1977] в верхнеплейстоценовых отложениях аркто-бореальной области Тихого океана. В Тихом океане, по нашим расчетам, *A. setosa* исчезла около 80–100 тыс. лет тому назад. Как показывают изученные нами материалы из Охотского и Берингова морей, это один из важнейших видов для решения проблем стратиграфии и палеоокеанологии Аркто-Бореальной Пацифики и Атлантики. В Охотском море *A. setosa* распространена в верхнеплейстоценовых отложениях вплоть до уровня 26–30 тыс. лет тому назад (а возможно и позже). В Гренландском море *A. setosa* найдена впервые в отложениях, возраст которых составляет около 1 млн лет, и в Северной Атлантике – около 413 тыс. лет [Bjørklund et al., 2007]. В связи с отсутствием кремненакопления она не встречается позже в отложениях Гренландско-Исландско-Норвежского

бассейна вплоть до 13 тыс. лет, но широко распространена в районе исследования именно с этого времени и поныне. В современных донных отложениях краевых Евразийских арктических морей и в Канадской котловине (в море Бофорта) этот вид доминирует. Есть некоторые основания предполагать, что ныне именно там находится центр его ареала, откуда *A. setosa* выносится в Американо-Северную часть краевых арктических морей и из норвежских фьордов и северной части Норвежского моря – в Баренцево море. Необходимы новые данные, прежде всего материалы бурения, чтобы решить, когда именно и каким путем этот вид мигрировал в Северный Ледовитый океан. Наиболее вероятно, что вид проник сюда в одно из межледниковий четвертичного времени [Kruglikova, 1989; Matul, Abelman, 2005; Bjørklund et al., 2007].

Почти все виды полицистин, распространенные в современных донных отложениях Северного Ледовитого океана, характерны в целом для холодноводных районов Мирового океана – Аркто-Бореальной области Атлантического и Тихого океанов (включая норвежские фьорды и Дальневосточные моря) и Антарктики, однако их сообщества резко отличаются по структуре от арктических. В Арктике доминируют иные виды и иные таксоны высокого ранга полицистин, чем в других районах Мирового океана, иным является и уровень их доминирования. Арктическое сообщество полицистин может быть названо «эндемичным», так как сообщества, подобные ему, не встречаются более ни в одном районе Мирового океана.

Исследования сообществ полицистин из отложений разных районов Мирового океана и разного возраста, показали, что изменения структуры их видовых сообществ и сообществ таксонов высокого ранга соответствуют событиям существенных изменений условий среды. Сообщества полицистин из отложений Высокой Арктики (Центрального

Арктического бассейна) и арктических окраинных морей резко различаются по соотношениям между числом видов и обилием представителей отрядов Spermellaria и Nassellaria. И в донных отложениях окраинных морей, в том числе северной части Норвежского моря, и фьордах в большинстве случаев соотношения между спумелляриями и населляриями по числу видов относительно близки [Kruglikova, Bjørklund, 1995], тогда как доминирование по обилию той или иной группы резко различно в разных районах. В сообществах полицистин Высокой Арктики количество видов населлярий в 2–5 раз больше количества видов спумеллярий, но численность спумеллярий при этом многократно (в 4–38 раз) выше численности населлярий. В отложениях окраинных морей – обратное соотношение: численность населлярий также же многократно выше численности спумеллярий. Эти соотношения в значительной мере аналогичны различиям между содержанием спумеллярий и населлярий в отложениях Норвежского моря, включая северные норвежские фьорды.

В отложениях Высокой Арктики и краевых арктических морей, как ни в одном районе современного Мирового океана (кроме северных норвежских фьордов), ярко выражено доминирование (до 95% и более) нескольких видов и форм рода *Actinomma* (семейство Actinommidae), а в отложениях окраинных морей почти столь же высока степень доминирования (до 70–80% и более) вида *Amphimelissa setosa* (семейство Cannobotryidae) при относительно низком разнообразии сообществ полицистин (около 15–20 видов) в каждом отдельном районе Северного Ледовитого океана.

Большинство видов-доминантов полицистин широко распространены и многочисленны в морях Гренландско-Исландско-Норвежского бассейна, что позволяет предположить их недавнее проникновение в Арктику (за исключением наиболее массового в

краевых морях вида *A. setosa*, о чем сказано выше) из Северной Атлантики. Однако Амеразийская часть окраинных морей представлена более разнообразным сообществом полицистин, чем Евразийская. Граница между этими фаунами, по-видимому, лежит к востоку от о. Новая Земля. Это позволяет предположить, что часть арктической фауны проникла в Арктику из Тихого океана.

Исследования таксономического состава и морфологического разнообразия семейства Actinommidae из донных отложений позволило высказать предположение о быстрых темпах эволюции полицистин в стрессовых условиях Арктики, высоком эндемизме их арктической фауны в целом и Северном Ледовитом океане как о возможном центре современного видообразования полицистин.

Нами установлено [Kruglikova et al., 2009], что вселившиеся в Центральный Арктический бассейн и арктические окраинные моря виды (см. табл. 1) *Actinomma leptoderma* и *A. boreale* претерпели резкие морфологические изменения. В частности, *A. leptoderma*, наиболее многочисленная в холодноводной западной части Норвежского моря, в отложениях Высокой Арктики имеет несколько меньшие размеры и число радиальных игл. *A. boreale*, чрезвычайно многочисленная в более тепловодной восточной части Норвежского моря и фьордах, встречается в Арктическом бассейне очень редко (за исключением Чукотского плато). В приполярных районах Центрального Арктического бассейна практически отсутствуют взрослые, полностью сформированные экземпляры этого вида. *A. boreale* фактически утратила способность формировать четвертую, характерную для этого вида сферу; изредка встречаются лишь экземпляры с радиальными иглами, на которых едва заметны тангентальные отростки. Это позволило нам высказать предположение о возникновении в экстремальных условиях Арктического

бассейна феномена неотении у полицистин.

Заключение

Нами установлено, что распространенная ныне в Северном Ледовитом океане фауна полицистин впервые мигрировала сюда, по-видимому, из Гренландско-Исландско-Норвежского бассейна вблизи границы Плейстоцена/Голоцена или в раннем Пребореале – около 10 000–9000 лет тому назад, в связи с проникновением в Северный Ледовитый океан теплой атлантической воды.

Фауна полицистин Арктики отличаются от фаун всех остальных районов Мирового океана не только относительно низким разнообразием и численностью, но, прежде всего, высочайшим уровнем доминирования в их сообществах представителей семейств *Actinommidae* и *Cannobotryidae*, что характерно только для этого района Мирового океана. В арктической фауне отсутствуют широко распространенные в Северной Пацифике и ее окраинных морях представители отряда *Spyrida*; для нее характерна еще меньшая, чем в Норвежском море, численность или полное отсутствие представителей подотряда *Discoidea*, которые весьма многочисленны в других районах Мирового океана.

Исследование большого числа представителей рода *Actinomma* позволило установить, что в их числе в Центральном Арктическом бассейне встречаются как новые виды, эндемичные для Арктики, так и большая группа также эндемичных промежуточных форм, что свидетельствует об интенсивных процессах видообразования в приполярных районах Арктики.

Учитывая чрезвычайно молодой возраст современной арктической фауны, все это говорит о необычайно высоких темпах эколого-эволюционных изменений вселившейся в Северный Ледовитый океан фауны и высокой степени

ее экопластичности в изменяющихся условиях среды.

Авторы искренне признательны д.б.н. И.Н. Ильину за доброжелательные и ценные советы при написании статьи.

Работа выполнена при финансовой поддержке: гранты РФФИ (97-05-65685а, 01-05-64478а, 06-05-64810а), The Royal Research Council of Norway (1995, 2000, 2007 гг.), The Nansen Foundation (Norwegian Academy of Sciences) (1998, 2005 гг.), Natural History Museum, University of Oslo (2006 г.).

Литература

- [1] Бернштейн Т.П. Зоопланктон Карского моря по материалам экспедиции Арктического института на «Седове» 1930 года и «Ломоносове» 1931 года // Тр. Аркт. инст. 1934. Вып. 6. С. 3–58.
- [2] Богоров В.Г. Зоопланктон по сборам экспедиции на л/п «Г. Седов» 1937–1939 гг. // Тр. Дрейфующей экспедиции Главсевморпути на л/п «Г. Седов» 1937–1939 гг. 1946. Вып. 3. С. 336–370.
- [3] Бродский К.А. Веслоногие рачки *Calanoida* Дальневосточных морей СССР и Полярного бассейна. М.-Л.: Изд. Академии наук СССР, 1950. 442 с.
- [4] Кругликова С.Б. Радиоларии в верхнеплейстоценовых осадках бореальной и северной субтропической зон Тихого океана // Океанология. 1976. Т. XVI, вып. 1. С. 113–117.
- [5] Кругликова С.Б. Особенности распределения радиоларий в отложениях бореальной и субтропической зон Тихого океана // Океанология. 1977. Т. XVII, вып. 6. С. 1055–1063.
- [6] Кругликова С.Б. Радиоларии (*Polycystina*) из донных отложений Арктики // Известия АН СССР. 1988. Т. 1. С. 92–102.
- [7] Кругликова С.Б., Бьерклунд К.Р. Радиоларии из поверхностного слоя высокоширотных глубоководных

- донных осадков Арктики // Материалы XIII Всерос. микрорпалеонтологического сов. Геологический ин-т РАН, 21–23 ноября 2005 г. М.: ГЕОС, 2005. С. 87–88.
- [8] Кругликова С.Б., Бьерклунд К.Р., Засько Д.Н. Распространение Polycystina (Euradiolaria) в донных отложениях Северного Ледовитого океана и краевых морей // ДАН. 2007. Т. 415, № 2. С. 281–285.
- [9] Bjørklund K.R., Cortese G., Swanberg N.R., Schrader H.J. Radiolarian faunal provinces in Surface sediments of the Greenland, Iceland and Norwegian (GIN) Sea // Mar. Micropaleontol. 1998. V. 44. P. 105–140.
- [10] Bjørklund K.R., Kruglikova S.B. Polycystine Radiolarians in surface sediments in the Arctic Ocean basins and marginal seas // Mar. Micropaleontol. 2003. V. 49. P. 231–273.
- [11] Bjørklund K.R., Kruglikova S.B., Hatakeda K. Amphimelissa setosa (Polycystina, Nassellaria), its first occurrence, its stratigraphy and importance as a paleoecological signal in the north Atlantic // Геология морей и океанов. Материалы XVII Международной научной конференции по морской геологии. 2007 г. Москва. М.: ГЕОС, 2007. С. 301–304.
- [12] Cleve P.T. Plankton collected by the Swedish Expedition to Spitzbergen in 1898 // Kungliga Svenska Vetenskaps Akademiens Handlingar. 1899. Vol. 32, № 3. P. 1–51.
- [13] Hülsemann K. Radiolaria in plankton from the Arctic Drifting Station T-3, including the description of three new species // Arctic Institute of North America. Technical Paper. 1963. M. 13. P. 4–52.
- [14] Itaki T., Masashi I., Hisashi N., Naokazu A., Hideo S. Depth distribution of polycystines from the Chukchi and Beaufort Seas, western Arctic // Deep-Sea Research. 2003. V. 50, № 1. P. 1507–1522.
- [15] Jansen E., Bjørklund K.R. Surface ocean circulation in the Norwegian Sea 15.000, B.P. to present // Boreas. 1985. V. 14. P. 243–257.
- [16] Jørgensen E. The protist plankton and the diatoms in bottom samples // Hydrographical and Biological Investigations in Norwegian Fiords (Ed. O. Nordgaard). Bergen, 1905.
- [17] Koc N., Jansen E., Hafliðason H. Paleooceanographic reconstructions of surface ocean conditions in the Greenland, Iceland and Norwegian seas through the last 14 ka based on diatoms // Quat. Sci. Rev. 1993. V. 12. P. 115–140.
- [18] Kruglikova S.B. Certain aspects of Radiolarian data as evidence of paleoenvironment // J. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 1989. № 69. P. 303–320.
- [19] Kruglikova S.B. Distribution of Polycystine radiolarians from Recent and Pleistocene sediments of the Arctic-Boreal zone // Rep. Polar Res. 1999. V. 309. P. 120–133.
- [20] Kruglikova S.B., Bjørklund K.R. The distribution of high-rank Radiolarian taxa in recent sediments from the Norwegian Sea and Norwegian fjords: a quantitative and comparative evaluation // 5-th L.P. Zonenshine Memor. Conf. on Plate Tectonics, Moscow, November 22–25. 1995. Programme and Abstracts. M.: 1995. P. 201–202.
- [21] Kruglikova S.B., Bjørklund K.R. Polycystine radiolarian assemblages in Recent bottom sediments from the Arctic and Arctic-Boreal provinces // InterRad 11 and Triassic Stratigraphy Symposium. 19–24 March 2006. Programme with Abstracts. Te Papa, Wellington, New Zealand. 2006. P. 78.
- [22] Kruglikova S.B., Bjørklund K.R., Hammer H., Anderson O.R. Endemism and speciation in the polycystine radiolarian genus Actinomma in the Arctic Ocean: Description of two new species Actinomma georgii n. sp. and A. turidae n. sp. // Mar. Micropaleontol. 2009. V. 72. P. 26–48.

- [23] Matul A., Abelmann A. Pleistocene and Holocene distribution of the radiolarian *Amphimelissa setosa* Cleve in the North Pacific and North Atlantic: Evidence for water mass movement // *Deep-Sea Research*. 2005. V. 52, № II. P. 2351–2364.
- [24] Rudels B., Jones E.P., Anderson L.G., Kattner G. On the Intermediate Depth Waters of the Arctic Ocean // *The Polar Oceans and Their Role in Shaping the Global Environment. The Nansen Centennial Volume* (Eds. O.M. Johannessen, R.D. Muench, J.E. Overland). Washington, USA: American Geophysical Union. 1994. P. 33–46.
- [25] Salvigsen O., Forman S.L., Miller G.H. Thermophilous molluscs on Svalbard during the Holocene and their paleoclimatic implications // *Polar Research*. 1992. V. 11, № 1. P. 1–10.
- [26] Schroder O. Die Nordischen Spumellarien. Teil II. Unterlegion Sphaerellarien // *Nordisches Plankton*. 1909. V. 7, № 11. P. 1–66.
- [27] Schroder O. Die Nordischen Nassellarien // *Nordisches Plankton*. 1914. V. 7, № 11. P. 67–146.
- [28] Tibbs J.F. On some planktonic Protozoa taken from the track of drift station ARLIS I, 1960–61 // *Journal of the Arctic Institute of North America*. 1967. V. 20. P. 247–254.

INVASION OF MODERN POLYCYSTINA (EURADIOLARIA) INTO THE ARCTIC OCEAN. PALEOECOLOGICAL ASPECTS

© 2008 Kruglikova S.B.¹, Bjorklund K.R.²

¹ P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the RAS, 117997 Moscow, Nakhimovskiy prospect 36,
kruglikovasb@mail.ru

² Natural History Museum, University of Oslo, Department of Geology. P.O. Box 1172 Blindern
NO-0318 Oslo, Norway, k.r.bjorklund@nhm.uio.no

Abstract

We have established that not earlier than 9–10 thousand years ago the main part of modern fauna of polycystines (Polycystina, Radiolaria) migrated (and enters now) from the Norway Sea into the Central Arctic basin and marginal seas of Eurasian sector of the Arctic Ocean. Into the seas of Amerasian sector polycystines penetrate with subsurface waters of the Atlantic Ocean and, at lesser extent, with Pacific surface waters through the Bering Strait. In species composition among polycystines the representatives of the order Nassellaria predominate. It has been proved that the Arctic Ocean is the water area not only for sterile settling of Polycystina. Different (compared to the Norway Sea and North Pacific) structure of their communities with a high degree of dominance of some species and taxa of the higher rank confirms indigenous nature of Polycystina fauna. The given by us data evidence about rapid evolution of Polycystina community in the stress conditions of the Arctic, high endemic nature of the arctic fauna, and intensive processes of modern speciation of the genus *Actinomma*.

Key words: polycystines, Nassellaria, Arctic Ocean, genus *Actinomma*, speciation.