

УДК 563.125.4(268.53)

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И МОРФОЛОГИИ ВИДА *ISLANDIELLA NORCROSSI* (CUSHMAN) В ВЕРХНЕЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

© 2019 г. Я. С. Овсепян^{a, c, d, *}, Е. Е. Талденкова^{b, c}

^aГеологический институт РАН, Москва, Россия

^bМосковский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Географический ф-т, Москва, Россия

^cАрктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

^dИнститут океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

*e-mail: yaovsepyan@yandex.ru

Поступила в редакцию 2.10.2017 г.

Принята к печати 1.11.2017 г.

На основе микрофоссилий из верхнеплейстоцен-голоценовых осадков моря Лаптевых анализируется экология и объем вида *Islandiella norcrossi* (Cushman, 1933), одного из типичных представителей фауны секретионно-известковых бентосных фораминифер Арктики. Данный вид распространен на шельфе и континентальном склоне арктических морей, он свидетельствует о становлении нормально-морских условий с сезонным ледовым покровом и холодными арктическими водными массами. Вид также приурочен к зоне продуктивности у границы сезонных льдов. Раковины в осадках из моря Лаптевых очень многочисленны, у них наблюдается некоторая изменчивость в размере и форме камер, что, возможно, связано с суровыми условиями арктического региона (ограниченным периодом роста и размножения); встречены aberrantные модификации с дополнительным устьем. В популяции присутствуют раковины макросферической и микросферической генерации, а также ювенильные формы.

DOI: 10.1134/S0031031X19010070

ВВЕДЕНИЕ

Цель настоящей работы – проанализировать распределение, описать и проиллюстрировать изменчивость современных и ископаемых раковин вида *Islandiella norcrossi* (Cushman, 1933), который является одним из самых массовых среди бентосных фораминифер Арктики. При его определении часто возникают трудности, связанные с изменчивостью морфологии раковины и особенностями диагностических признаков, которые отличают его от других видов рода *Islandiella* Nørvang, 1958 и от видов близкого рода *Cassidulina* d'Orbigny, 1826.

Подробных работ, в которых приводится описание раковины и структуры устья *I. norcrossi* немного (Nørvang, 1958; Knudsen, 1971; Rodrigues et al., 1980; Nomura, 1983a, b; Гуськов, 1997; Погодина, 2000; Бордунов, 2015). В основном в статьях *I. norcrossi* упоминается в списках фауны, редко с фотографиями (Culver, Buzas, 1985; Osterman, 1996; Wollenburg, Mackensen, 1998).

Море Лаптевых – одно из окраинных морей российской Арктики, характеризующееся суровыми природными условиями. Главными осо-

бенностями региона являются сильно выраженная сезонность, проявляющаяся летом в чрезвычайно больших объемах стока сибирских рек (Лена, Яна, Хатанга, Анабар и Оленек) и в суровых ледовых условиях в остальное время года (Добровольский, Залогин, 1982). С сезонностью связано неравномерное поступление питательных веществ и сложная структура взаимодействия различных водных масс, что отражается на составе фауны. Вероятно, природные особенности региона повлияли на некоторую изменчивость раковин вида *I. norcrossi*, подробное описание которого приводится в данной статье.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для палеонтологических исследований послужили пробы поверхностных осадков и верхнеплейстоцен-голоценовых отложений, вскрытых колонками из западной части моря Лаптевых (рис. 1, а, б). Образцы получены в российско-германских экспедициях ТРАНСДРИФТ 1998–2010 гг.

Раковины *I. norcrossi* в большом количестве присутствуют в двух морских колонках (рис. 1, а):

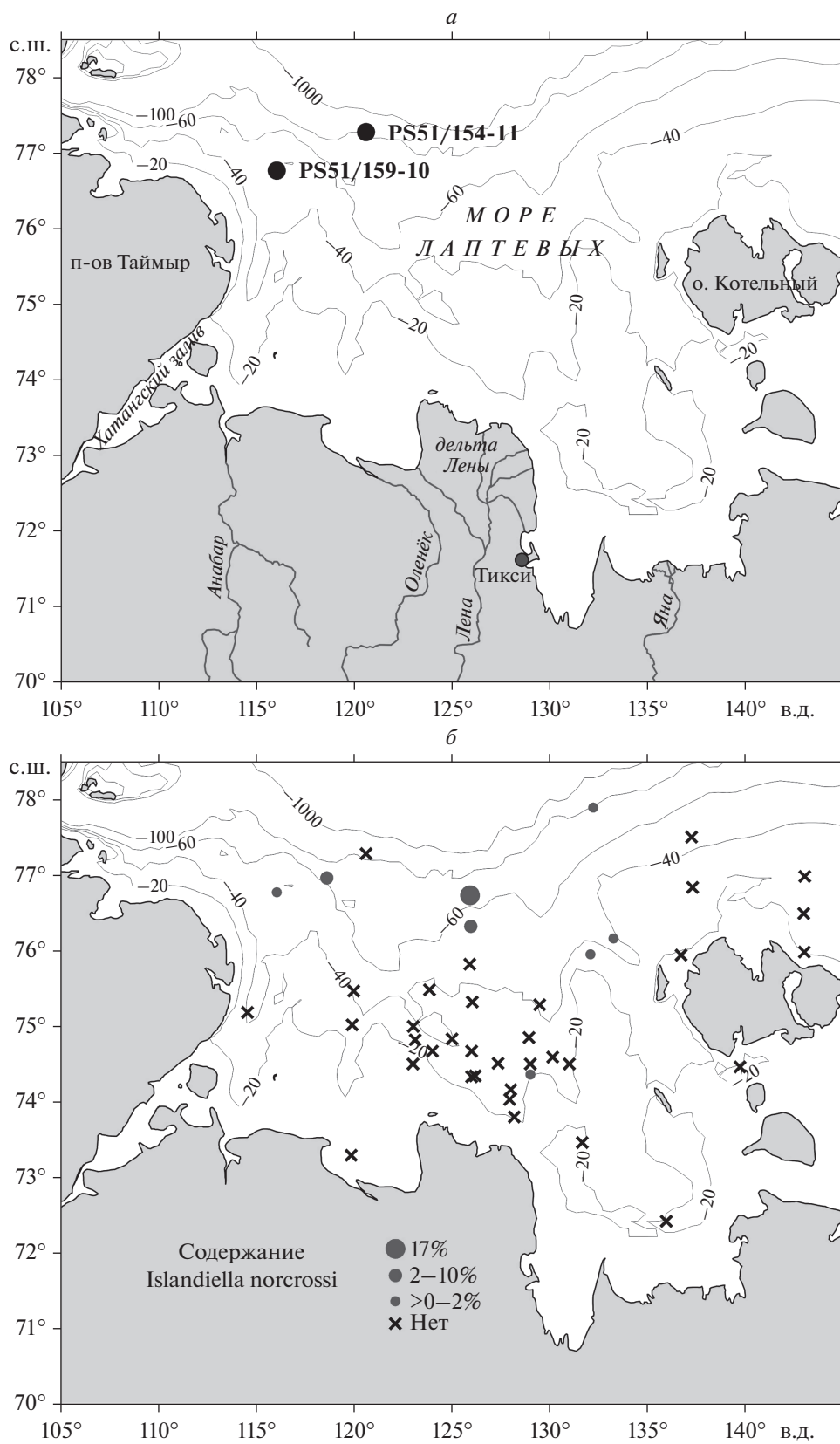


Рис. 1. Расположение станций в акватории моря Лаптевых: *а* — положение колонок PS51/154-11 и PS51/159-10; *б* — распределение *I. norcrossi* (Cushman, 1933) в поверхностных образцах.

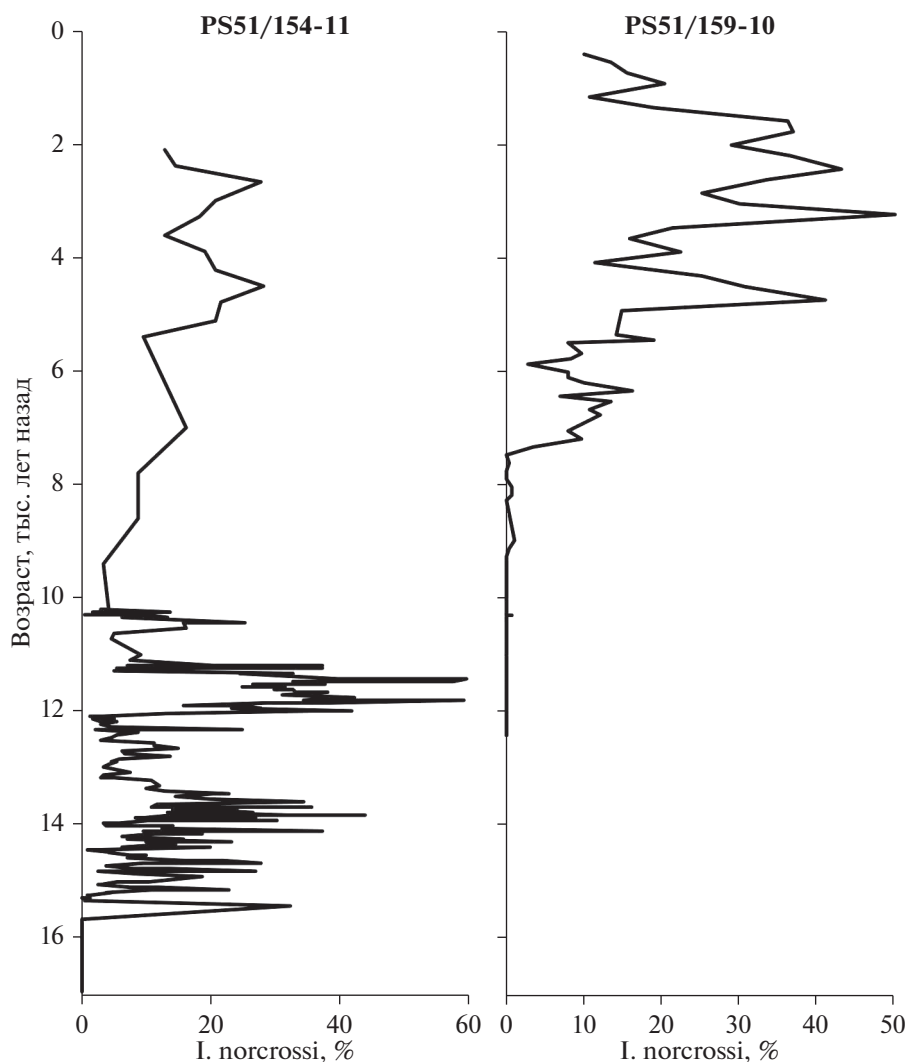


Рис. 2. Распределение процентного содержания *I. norcrossi* (Cushman, 1933) в комплексе фораминифер в зависимости от возраста (тыс. лет назад) для колонок PS51/154-11 и PS51/159-10.

PS51/154-11 (континентальный склон, гл. 270 м, керн 700 см) и PS51/159-10 (внешний шельф, гл. 60 м, керн 490 см). Отложения достаточно однородные, представлены песчано-алевритистой глиной и песчаным илом. Для разрезов сделаны возрастные модели на основе радиоуглеродных датировок (Bauch et al., 2001; Талденкова и др. 2009; Taldenkova et al., 2010; Овсепян и др., 2015; Овсепян, 2016).

При изучении современного распределения фораминифер среди 42 станций по всей акватории моря раковины *I. norcrossi* были найдены в 7 пробах с глубин от 45 до 120 м, а также в одной мелководной (33 м) (рис. 1, б) (Овсепян, 2016).

Бентосные фораминиферы изучены во фракции >63 мкм; составлена коллекция микрофоссилий № PS51-1998, которая хранится в Лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена

(географический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова). Графики изменения процентного содержания *I. norcrossi* относительно календарного возраста показаны для образцов, в которых содержание бентосных фораминифер более 100 экз. (рис. 2).

Авторами исследована морфология раковины, составлено подробное описание. Для изучения структуры стенки экземпляры *I. norcrossi* дополнительно чистились в ультразвуковой ванне. Фораминиферы сфотографированы при помощи светового бинокулярного и поляризационного микроскопов (центр оптической микроскопии ГИН РАН и лаборатория им. О.Ю. Шмидта ААНИИ), а также электронного сканирующего микроскопа (кабинет приборной аналитики ПИН РАН). Фотографии обработаны с помощью графических редакторов Helicon Focus, Corel Draw, Corel Photo-Paint, составлено 2 фототаблицы.

В статье для описания структурных элементов устья используется терминология из работ Р. Номуры (Nomura, 1983a, b). Для устья (форамена) выделяются передний край (ПК) и задний край (ЗК) по направлению нарастания раковины. Первичный язык (ПЯ) — разновидность зубной пластины, имеющей более сложное строение; это внутреннее устьевое образование фронтальной стенки, связанное широким основанием со стенкой предыдущей раковины и передним краем предшествующего форамена. Гребенчатый зуб (ГЗ) — конец первичного языка, выступающий наружу с зазубренным краем. Оба находятся на заднем краю устья. Вторичный язык (ВЯ) — структура, расположенная в переднем краю устья в месте сочленения фронтальной стенки раковины и септальной стенки смежной камеры. Губа (Г) — изогнутая краевая часть стенки раковины, образующей устье, на противоположенной стороне от первичного и вторичного языка. Апертурный гребень (АГ) — утолщение внешней части стенки предыдущей камеры в месте образования устья новой камеры.

В работе используется систематика I. norcrossi, принятая О. Гроссом, опубликованная во “Всемирной базе данных по современным фораминиферам”, на сайте www.marinespecies.org/foraminifera (Gross, 2001; Hayward et al., 2011).

РЕЗУЛЬТАТЫ

ТИП FORAMINIFERA

КЛАСС POLYTHALAMEA

ОТРЯД ROTALIIDA

СЕМЕЙСТВО CASSIDULINIDAE D'ORBIGNY, 1839

Род *Islandiella* Nørvang, 1958

Islandiella: Nørvang, 1958, с. 26; Feyling-Hanssen, Buzas, 1976, с. 155; Rodrigues et al., 1980, с. 49; Nomura, 1983a, с. 46; Loeblich, Tappan, 1988, с. 654; Гуськов, 1997, с. 99.

Cassilamellina: Волошинова, 1960, с. 59.

Planocassidulina: Гудина, 1966, с. 48; Бордунов, 2015, с. 90.

Типовой вид — *Cassidulina islandica* Nørvang, 1945; современный, прибрежные воды Исландии, обозначен автором рода.

Диагноз. Раковина шарообразная, сдавленная с боковых сторон, или линзовидная, спирально-плоскостная, двухрядная, инволютная. Контур раковины округлый, волнистый. Периферический край закругленный или приостренный, иногда с килем. В последнем обороте три–пять пар камер. Камеры объемные, на боковой стороне раковины проецируются в виде удлиненных треугольников, ромбоэдров или овалов. Швы четкие, слабо углубленные или расположены вровень с поверхностью. Стенка кальцитовая, многослойная (число слоев зависит от количества камер), оптически радиально-лучистая, прозрачная или матовая, перфорированная. Устье интермар-

гинальное, вытянутое вдоль периферического края в виде широкой щели, иногда треугольной формы, со скульптурными элементами, представленными губой, апертурным гребнем, первичным и вторичным языком, гребенчатым зубом. Основание первичного языка протягивается от заднего края устья к переднему краю форамена предшествующей камеры.

Видовой состав. Семь видов: *I. californica* (Cushman et Hughes, 1925), верхний миоцен-плейстоцен Сахалина и Камчатки, средний миоцен — современность, сев. часть Тихого океана, зап. побережье Сев. Америки (Rodrigues et al., 1980; Бордунов, 2015); *I. compressa* Nomura, 1983, плейстоцен, Японское море (Nomura, 1983b); *I. islandica* (Nørvang, 1945), неоген Сахалина и Камчатки, четвертичные отложения Севера Евразии и Сев. Америки, современные — повсеместно в Арктике, Северной Пацифике и Атлантике (Rodrigues et al., 1980; Гуськов, 1997; Бордунов, 2015); *I. japonica* (Asano et Nakamura, 1937), плиоцен — современность Японии, Сахалина, Камчатки, сев.-зап. часть Тихого океана (Nomura, 1983b; Бордунов, 2015); *I. norcrossi* (Cushman, 1933) — четвертичные отложения севера Евразии и Сев. Америки, современные — повсеместно в Арктике, Северной Пацифике и Атлантике (Rodrigues et al., 1980; Гуськов, 1997; Погодина, 2000; Polyak et al., 2002); *I. subdelicata* Golik, 1977, современные, Панамский залив (Golik, 1977); *I. vejlenensis* Nørvang, 1958, верхний эоцен Сев. Европы (Nørvang, 1958).

Сравнение. У представителей рода *Cassidulina* d'Orbigny, 1826 схожая форма раковины и тип навивания, структура стенки зернистая, но иногда радиально-лучистая, поэтому следует обращать внимание на строение устья. У раковин *Cassidulina* устье в виде узкой щели, обрамленной внешними структурными элементами: губой и пластиной, которые не имеют внутреннего основания. Губу можно перепутать с гребенчатым зубом *Islandiella*, являющимся внешней частью первичного языка.

Замечания. Род *Islandiella* был выделен А. Норвангом в 1958 г. для видов, ранее относившихся к роду *Cassidulina*, имеющих радиально-лучистую структуру стенки и сложное строение устья с внутренними элементами, в том числе первичным языком, связанным с фораменом предшествующей камеры.

Islandiella norcrossi (Cushman, 1933)

Табл. I, фиг. 1–11, 13–15; табл. II, фиг. 1–8 (см. вклейку)

Cassidulina norcrossi: Cushman, 1933, с. 7, табл. 2, фиг. 7 а–с.

Islandiella norcrossi: Nørvang, 1958, с. 32, фиг. 8–14; Knudsen, 1971, с. 248, табл. 8, фиг. 1, 2; Rodrigues et al., 1980, с. 55, табл. 4, фиг. 1, 3, 5, 10; Østby, Nagy, 1982, с. 89, табл. 1, фиг. 18; Nomura, 1983b, с. 13, табл. 2, фиг. 2, 3, табл. 8, фиг. 3–10; Гуськов, 1997, с. 108, табл. 3, фиг. 1–9; Polyak et al., 2002, табл. 2, фиг. 13; Лукина, 2004, с. 108, табл. VI, фиг. 86.

Planocassidulina norcrossi: Гудина, 1966, с. 138, табл. 6, фиг. 2–3; Бордунов, 2015, с. 121, табл. XX, фиг. 7.

Islandiella helenae: Østby, Nagy, 1982, с. 89, табл. 1, фиг. 17; Погодина, 2000, табл. 3, фиг. 5.

Cassidulina teretis: Лукина, 2004, с. 108, табл. VI, фиг. 84.

Г о л о т и п — Национальный музей естественной истории (США, Вашингтон), № 26139. Происходит из поверхностных морских осадков в 5 милях от м. Борлас-Уоррен, сев.-вост. Гренландия (Cushman, 1933).

О п и с а н и е. Раковина линзовидная. Периферический край с закругленным килем. Раковина инволютная с 8–10 камерами в последнем обороте, которые в проекции на боковую сторону имеют треугольную или ромбоидную форму. Швы четкие, тонкие, изогнутые, вровень с поверхностью, в пупке не сходятся. Пупочная область на обеих сторонах выпуклая, состоит из прозрачного натечного материала раковины, через который иногда видны камеры предыдущих оборотов. Устье интермаргинальное, широкое, щелевидной или треугольной формы, часто со вторичным и первичным языками, гребенчатым зубом, губой и апертурным гребнем. Стенка оптически радиально-лучистая, призматическая, прозрачная, тонкая. Средний диаметр пор 0.5 мкм, плотность в среднем 12 пор на 10 мкм².

Р а з м е р ы. Диаметр раковины 200–600 мкм, толщина 100–250 мкм.

В о з р а с т н ы е и з м е н е н и я. Раковины каплевидной формы малого диаметра (200 мкм) с общим количеством камер 4–6 штук, можно отнести к ювенильным (табл. II, фиг. 1, 2) (морфотип 1). В том случае, когда общее число камер больше 6, и они образуют полный оборот, можно говорить о взрослых особях. При этом среди них встречаются формы, выделяющиеся большой и шаровидной начальной камерой (табл. I, фиг. 9, 10; табл. II, фиг. 3), что влияет на их контур, делая его не симметричным относительно периферического края (морфотип 2). Такие раковины, вероятно, относятся к макросферической генерации, их доля может достигать до 20% от общего количества *I. norcrossi* в образце.

И з м е н ч и в о с т ь. Раковины *I. norcrossi* из колонок с шельфа и континентального склона моря Лаптевых очень разнообразны, даже в одной пробе они могут быть представлены как ювенильными, так и взрослыми особями; у последних изменяется размер раковины, количество камер и их соотношение в последнем обороте. Стенка может быть как прозрачной, так и матовой. На табл. II представлены различные формы из одного образца с гл. 395 см в колонке PS51/154-11. Камеры имеют проекцию на боковую сторону в виде треугольников с острыми или закругленными вершинами, которые могут быть как одинаковой, так и разной формы, отмечается чередование крупных и мелких треугольников (морфотип 3:

табл. I, фиг. 11; табл. II, фиг. 4). У крупных форм в последнем обороте все камеры, или только последняя, могут иметь форму округлых ромбов или овалов (морфотип 4: табл. II, фиг. 5, 6). Встречаются аберрантные (измененные) модификации (морфотип 5), когда происходит сращивание двух раковин, или появление дополнительных устьев (табл. I, фиг. 13–15; табл. II, фиг. 7, 8).

С р а в н е н и е. Отличается от других представителей рода *Islandiella* линзовидной (дисковидной) формой раковины и отсутствием вытянутых прямоугольных камер. Элементы устья *I. norcrossi* немного меньше по размеру, чем у других видов. От линзовидных раковин близкого рода *Cassidulina* отличается строением устья и структурой стенки.

З а м е ч а н и я. На материале из Зап. Сибири В.И. Гудина (1966) выделила новый род, состоящий из одного вида *Planocassidulina norcrossi* на основе последовательно расположенных одинаковых треугольных камер в последнем обороте, в то время как большинство авторов указывает на чередующееся расположение камер (Nomura, 1983a, b; Гуськов, 1997; Бордунов, 2015). В описании *Islandiella norcrossi* также отмечают изменения в размере и формы камер от округлых ромбов до треугольников (Knudsen, 1971), и макросферические и микросферические генерации (Nørvang, 1958).

I. norcrossi иногда объединяют с представителями другого рода: *Cassidulina neoteretis* Seidenkrantz, 1995 или *C. teretis* Tappan, 1951 из-за схожести в морфологии (Osterman, 1996; Scott et al., 2008). Основным критерием, помимо устья (если оно обломано), служит структура стенки; при изучении в скрепленных николях кальцит раковины *I. norcrossi* показывает погасание, как единый кристалл (табл. I, фиг. 11), а у гранулярной стенки *C. neoteretis* видна зернистость (табл. I, фиг. 12).

При ревизии вида *C. teretis* раковины с признаками рода *Islandiella* выделили в отдельный вид *I. helenae* (Feyling-Hanssen et Buzas, 1976). От вида *I. norcrossi* он отличается только формой камер, при этом данный признак обладает изменчивостью на видовом уровне (Nørvang, 1958; Knudsen, 1971) и наблюдается в онтогенезе (Nomura, 1983b). Многие авторы при палеоэкологических исследованиях объединяют эти виды, обозначая их при написании через косую черту, как *Islandiella norcrossi/helenae* (Koç et al., 2002; Polyak et al., 2002; Rutter et al., 2002; Ślubowska-Woldengen et al., 2007; Sacher et al., 2009; Taldenkova et al., 2008, 2010) или *Islandiella norcrossi s.l.* (Korsun, Hald, 1998). Возможно, для описания раковин с камерами овальной и ромбоидной формы в дальнейшем следует использовать название *Islandiella norcrossi forma helenae*.

В связи с тем, что вид *I. norcrossi* был описан раньше, это название обладает приоритетом, поэтому выбрано авторами статьи.

Распространение. Плейстоцен-голоцен побережья Сев. Америки, Гренландии, севера Евразии и северо-запада Тихого океана (Камчатка, Япония). Современные представители обитают в Арктике, Северной Пацифике, в Сев. и Ц. Атлантике, в том числе, в Мексиканском заливе и Средиземном море.

Материал. Поверхностные пробы из моря Лаптевых — 193 экз. Колонка PS 51/154-11 — 23061 экз; колонка PS 51/159-10 — 2683 экз.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Для реконструкций условий палеосреды часто используется *I. norcrossi*. Изучение распределения этого вида в поверхностных образцах из моря Лаптевых подтвердило его принадлежность к группе фораминифер внешнего шельфа и континентального склона, удаленных от опресняющего влияния речного стока (см. рис. 1, б). *I. norcrossi* предпочитает холодные арктические водные массы в районах с сезонным ледовым покровом. В Арктике он достигает максимальной численности в интервале глубин от 50 до 1200 м на внешнем шельфе и континентальном склоне в морях Лаптевых, Карском и Баренцевом (Steinsund et al., 1994; Korsun, Hald, 1998; Polyak et al., 2002).

При палеоэкологическом анализе важно различать сходные по морфологии раковины видов *I. norcrossi* и *S. neoteretis*, так как последний обитает на больших глубинах (200–1400 м) и является индикатором атлантических водных масс (Lubinski et al., 2001; Wollenburg et al., 2004; Ślubowska-Woldengen et al., 2007). По распределению *S. neoteretis* в осадках колонок из моря Лаптевых выделяются периоды увеличения атлантического влияния (Taldenkova et al., 2010, 2012; Овсепян и др., 2015), в то время как по распределению *I. norcrossi* таких выводов сделать нельзя. Поэтому важно проводить диагностику элементов устья у линзовидных раковин семейства Cassidulinidae и дополнительно изучать под поляризационным микроскопом структуру стенок.

В колонке PS 51/154-11 с верхней части континентального склона *I. norcrossi* является одним из массовых видов, который встречается во всех образцах в интервале 17–573 см, начиная с 15.4 тыс. лет назад и до современности, и показателен для нормальных морских условий (рис. 2). Максимальная численность вида в комплексе (60%) отмечается в интервале 200–300 см, соответствующем переходу от позднего дриаса к голоцену (11.2–12 тыс. лет назад). Для этого времени характерно увеличение биоразнообразия среди бентосных фораминифер; кроме того, содержа-

ние *I. norcrossi* может свидетельствовать не только о сезонном ледовом покрове, но и о зоне продуктивности на границе таяния морского льда (Taldenkova et al., 2012; Овсепян и др., 2015).

В колонке PS 51/159-10 раковины *I. norcrossi* постоянно присутствуют в верхних 100 см, в интервале 0.4–7.3 тыс. лет назад, где составляют до 50% комплекса бентосных фораминифер (рис. 2). Смена комплексов микрофауны в колонке с внешнего шельфа рассматривается в рамках послеледниковой трансгрессии (Bauch et al., 2001), при этом интервал с преобладанием *I. norcrossi* соответствует периоду завершения роста уровня моря. Данный комплекс фораминифер свидетельствует о становлении современных морских условий с нормальной соленостью на внешнем шельфе (глубина 60 м), начиная с 7.3 тыс. лет назад (Талденкова и др., 2009; Овсепян, 2016).

Среди видов экологической группы внешнего шельфа и континентального склона [*Astrononion gallowayi* Loeblich et Tappan, 1953, *Cibicides lobatulus* (Walker et Jacob, 1798), *Melonis barleeanus* (Williamson, 1948), *Stainfortiella feylingi* Knudsen et Sæidenkrantz, 1994] *Islandiella norcrossi* имеет максимальную численность в разрезах и поверхностных пробах из моря Лаптевых, поэтому более важен для палеоэкологического анализа. Обилие раковин позволяет наглядно изучить объем вида для довольно короткого интервала времени (последние 15.4 тыс. лет). Следует отметить, что особенностью фораминифер из моря Лаптевых является лучшая сохранность и большие размеры раковин, по сравнению с материалом из Баренцева моря (Чистякова и др., 2010). Вероятно, размеры фораминифер связаны с интенсивными темпами роста раковин в сокращенный летний период вегетации в суровых арктических условиях, при этом период размножения может откладываться на более поздний срок, чем в субарктических и бореальных районах. Данные наблюдения также приводились Р. Фейлинга-Хансенном для Канадской Арктики (Feyling-Hanssen, 1980).

Возможно, что с интенсивным периодом роста, когда в короткий летний период поступает большое количество органики, связаны аберрантные (уродливые) формы раковин (С.А. Корсун, устн. сообщ.). Причем данные изменения не проявляются у представителей других видов из моря Лаптевых. Сросшиеся раковины *I. norcrossi*, или имеющие дополнительные устья, найдены в количестве более 100 экз. Появление видоизмененных раковин часто связывают с загрязнением окружающей среды тяжелыми металлами (Yanko et al., 1999), но, так как район исследований не подвергался антропогенному воздействию, эту причину можно исключить.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение распределения фораминифер вида *Islandiella norcrossi* в море Лаптевых позволяет заключить, что он является индикатором нормально-морских условий с холодными арктическими водными массами на внешнем шельфе и континентальном склоне, где отсутствует речное влияние. Вид также приурочен к зоне продуктивности у границы сезонных льдов.

Всесторонний анализ морфологии раковин показал, что вид обладает некоторой изменчивостью, выраженной в вариациях размера и формы камер из последнего оборота. Возможно, это связано с суровыми условиями этого арктического региона, ограниченным периодом роста и размножения.

В материале из моря Лаптевых *I. norcrossi* представлены как ювенильными, так и взрослыми особями, среди которых наблюдается изменчивость в виде раковины с одинаковыми и неодинаковыми по размеру камерами; встречаются формы макросферической генерации, а также aberrantные сросшиеся модификации с дополнительным устьем.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение генетического материала живых фораминифер и установления степени родства для семейства *Cassidulinidae* из окраинных морей Российской Арктики.

* * *

Авторы выражают благодарность Х. Кассенс и Х.А. Бауху за предоставленный материал. Большое спасибо сотрудникам кабинета приборной аналитики ПИН РАН, центра оптической микроскопии ГИН РАН, лаб. им. О.Ю. Шмидта ААНИИ за помощь в фотографировании. Авторы признательны А.С. Алексееву и С.А. Корсуну за консультации и рекомендации по описанию материала.

Работа Овсепяна Я.С. поддержана из бюджетной темы ГИН РАН № 0135-2019-0057. Работа Талденковой Е.Е. поддержана субсидией Минобрнауки по проекту “Изменчивость Арктической Транспольной системы” (CATS) (уникальный идентификатор проекта – RFMEFI61617X0076).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бордунов С.И. Стратиграфия и фораминиферы неогена Восточной Камчатки. М.: ГЕОС, 2015. 148 с.

Волошинова Н.А. Успехи микропалеонтологии в деле изучения внутреннего строения фораминифер // Тр. Первого семинара по микрофауне. Л.: Гостоптехиздат, 1960. С. 48–77.

Гудина В.И. Фораминиферы и стратиграфия четвертичных отложений северо-запада Сибири. М.: Наука, 1966. 376 с.

Гуськов А.С. Исландиеллы и кассидулины (фораминиферы) Баренцева моря // Биостратиграфия и микроорганизмы фанерозоя Евразии. Тр. XII микропалеонтол. совещ., посвященного 100-летию Д. М. Раузер-Черноусовой. М.: ГЕОС, 1997. С. 97–112.

Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. М.: Изд-во МГУ, 1982. 192 с.

Лукина Т.Г. Особенности распределения фораминифер в море Лаптевых // Фауна и экосистемы моря Лаптевых и сопредельных глубоководных участков арктического бассейна. СПб., 2004. С. 86–123 (Исследования фауны морей. Т. 54. № 62).

Овсепян 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 // Стратигр. Геол. корреляция. 2015. Т. 23. № 6. С. 964–112.

Овсепян Я.С. Позднечетвертичные фораминиферы моря Лаптевых и реконструкции изменения среды на основе палеоэкологического анализа. Дисс. ... к.г.-м.н. М., 2016. 240 с.

Погодина И.А. Стратиграфия верхнечетвертичных отложений Баренцева моря по фораминиферам. Дисс. ... к.г.-м.н. М., 2000. 212 с.

Талденкова Е.Е., Баух Х.А., Степанова А.Ю. и др. Изменения палеосреды шельфов морей Лаптевых и Карского в ходе послеледниковой трансгрессии (по ископаемой бентосной фауне) // Система моря Лаптевых и прилегающих арктических морей: современное состояние и история развития. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009. С. 384–409.

Чистякова Н.О., Иванова Е.В., Рисебробаккен Б. и др. Реконструкция послеледниковых обстановок в юго-западной части Баренцева моря по комплексам фораминифер // Океанология. 2010. Т. 50. № 4. С. 608–617.

Bauch H.A., Mueller-Lupp T., Taldenkova E. et al. Chronology of the Holocene transgression at the North Siberian margin // Global and Planetary Change. 2001. V. 31. P. 125–139.

Cushman J.A. New Arctic foraminifera collected by Capt. R.A. Bartlett from Fox Basin and off the Northeast coast of Greenland // Smithsonian. Misc. Coll. 1933. V. 89. № 9. P. 1–18.

Culver S.J., Buzas M.A. Distribution of Recent benthic Foraminifera off the North American Pacific coast from Oregon to Alaska // Smithsonian. Contrib. Mar. Sci. 1985. V. 26. P. 1–234.

Feyling-Hanssen R.W., Buzas M.A. Emendation of *Cassidulina* and *Islandiella helenae* new species // J. Foramin. Res. 1976. V. 6. № 2. P. 154–158.

Feyling-Hanssen R.W. Microbiostratigraphy of young Cenozoic marine deposits of the Qivituq Peninsula, Baffin Island // Mar. Micropaleontol. 1980. V. 5. P. 153–184.

Golik A., Phleger F.B. Benthonic foraminifera from the Gulf of Panama // J. Foramin. Res. 1977. V. 7. № 2. P. 83–99.

Knudsen K.L. Systematic part // Late Quaternary foraminifera from Vendsyssel, Denmark and Sandnes, Norway / Eds. Feyling-Hanssen R.W., Jorgensen J.A., Knudsen K.L., Lykke-Andersen A.L. Geol. Soc. Denmark Bull. 1971. V. 21. P. 185–291.

- Koç N., Klitgaard-Kristensen D., Hasle K. et al. Late glacial palaeoceanography of Hinlopen Strait, northern Svalbard // Polar Res. 2002. V. 21. № 2. P. 307–314.
- Korsun S., Hald M. Modern benthic foraminifera of Novaya Zemlya tide water glaciers, Russian Arctic // Arctic and Alpine Res. 1998. V. 30. № 1. P. 61–77.
- Loeblich A.R., Tappan H. Foraminiferal genera and their classification. N. Y.: Van Nostrand Reinhold Co., 1988. 970 p.
- Lubinski D.J., Polyak L.A., Forman S.L. Freshwater and Atlantic water inflows to the deep northern Barents and Kara seas since ca 13 14C ka: foraminifera and stable isotopes // Quatern. Sci. Rev. 2001. V. 20. P. 1851–1879.
- Nomura R. Cassidulinidae (Foraminiferida) from the Uppermost Cenozoic of Japan (Part 1) // Tohoku Univ. Sci. Rep., 2nd ser. (Geol.) 1983a. V. 53. № 1. P. 1–101.
- Nomura R. Cassidulinidae (Foraminiferida) from the Uppermost Cenozoic of Japan (Part 2) // Tohoku Univ. Sci. Rep., 2nd ser. (Geol.) 1983b. V. 54. № 1. P. 1–93.
- Nørvang A. Islandiella and Cassidulina D'Orbigny // Vidensk. Medd. Dansk naturh. Foren. 1958. V. 120. P. 25–41.
- Osterman L.E. Pliocene and Quaternary benthic foraminifera from Site 910, Yermak Plateau // Proc. of ODP. Sci. Results, 151: College Station, TX (Ocean Drilling Program) / Eds. Thiede J., Myhre A.M., Firth J.V. et al. 1996. P. 187–195.
- Østby K., Nagy J. Foraminiferal distribution in the western Barents Sea, Recent and Quaternary // Polar Res. 1982. V. 1982. № 1. P. 53–87.
- Polyak L., Korsun S., Febo L. et al. Benthic foraminiferal assemblages from the southern Kara Sea, a river-influenced Arctic marine environment // J. Foram. Res. 2002. V. 32. № 3. P. 252–273.
- Rodrigues C., Hooper K., Jones P. The apertural structures of Islandiella and Cassidulina // J. Foram. Res. 1980. V. 10. № 1. P. 48–60.
- Rutter F., Knudsen K., Seidenkrantz M.-S., Erikson J. Modern distribution of benthic foraminifera on the north Icelandic shelf and slope // J. Foram. Res. 2002. V. 32. № 3. P. 217–244.
- Sacher M., Klitgaard-Kristensen D., Hald M. et al. Benthic foraminiferal assemblages in the Central Barents Sea: an evaluation of the effect of combining live and total fauna studies in tracking environmental change // Norw. J. Geol. 2009. V. 89. P. 149–161.
- Scott D., Schell T., Rochon A., Blasco S. Modern benthic foraminifera in the surface sediments of the Beaufort shelf, slope and Mackenzie trough, Beaufort Sea, Canada: taxonomy and summary of surficial distributions // J. Foram. Res. 2008. V. 28. № 3. P. 228–250.
- Ślubowska-Woldengen M., Rasmussen T.L., Koç N. Advection of Atlantic water to the western and northern Svalbard shelf since 17500 cal yr BP // Quatern. Sci. Rev. 2007. V. 26. P. 463–478.
- Steinsund P.I., Polyak L., Hald M. et al. Distribution of calcareous benthic foraminifera in recent sediments of the Barents and Kara Seas // Benthic foraminifera in surface sediments of the Barents and Kara Seas: modern and late Quaternary applications. Steinsund P.I., Dr. sci. thesis, Univ. Tromsø. 1994. P. 61–102.
- Taldenkova E., Bauch H.A., Gottschalk J. et al. History of ice-rafting and water mass evolution at the North Siberian continental margin (Laptev Sea) during Late Glacial and Holocene times // Quatern. Sci. Rev. 2010. V. 29. P. 3919–3935.
- Taldenkova E., Bauch H.A., Stepanova A. et al. Postglacial to Holocene history of the Laptev Sea continental margin: Palaeoenvironmental implications of benthic assemblages // Quatern. Intern. 2008. V. 183. P. 40–60.
- Taldenkova E., Bauch H.A., Stepanova A. et al. Benthic community changes at the North Siberian margin in response to Atlantic water mass variability since last deglacial times // Mar. Micropaleontol. 2012. V. 96–97. P. 13–28.
- Wollenburg J.E., Knies J., Mackensen A. High-resolution paleoproductivity fluctuations during the past 24 kyr as indicated by benthic foraminifera in the marginal Arctic Ocean // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 2004. V. 204. P. 209–238.
- Wollenburg J., Mackensen A. Living benthic foraminifera from the central Arctic Ocean: faunal composition, standing stock and diversity // Mar. Micropaleontol. 1998. V. 34. № 3–4. P. 153–185.
- Yanko V., Arnold A., Parker W. Effects of marine pollution on benthic foraminifera // Modern foraminifera / Ed. B.K. Sen Gupta. N.Y.: Kluwer Acad. Publ., 1999. P. 217–235.

Объяснение к таблице I

Раковины фораминифер из колонки PS51/154-11 с континентального склона моря Лаптевых, поздний плейстоцен – голоцен. Длина масштабной линейки 50 мкм.

Фиг. 1–7. *Islandiella norcrossi* (Cushman, 1933), СЭМ: 1 – внешнее строение устья, экз. МГУ, № 54017, обр. 35 см; 2–4 – внутреннее строение последней камеры: 2 – экз. МГУ, № 54025, обр. 117 см, 3 – экз. МГУ, № 54024, обр. 137 см, 4 – экз. МГУ, № 54022, обр. 127 см; 5 – вид сбоку со стороны устья, экз. МГУ, № 54014, обр. PS51/154-11 21 см; 6 – вид с периферического края, экз. МГУ, № 35, обр. 33 см; 7 – вид сбоку; экз. МГУ, № 34, обр. 49 см.

Фиг. 8. *Islandiella norcrossi* (Cushman, 1933), световой микроскоп, вид сбоку, экз. МГУ, № 54010, обр. 323 см.

Фиг. 9, 10. Макросферическая раковина *Islandiella norcrossi* (Cushman, 1933), СЭМ, вид сбоку со стороны устья: 9 – экз. МГУ, № 54018, обр. 21 см, 10 – экз. МГУ, № 54019, обр. PS51/154-11 33 см.

Фиг. 11. Радиально-лучистая структура стенки *Islandiella norcrossi* (Cushman, 1933), поляризационный микроскоп, скрещенные николи: экз. МГУ, № 154501, обр. 33 см.

Фиг. 12. Зернистая (гранулярная) микроструктура стенки *Cassidulina neoteretis* Seidenkrantz, 1995, поляризационный микроскоп, скрещенные николи, экз. МГУ, № 154505, обр. PS51/154-11 33 см.

Фиг. 13–15. Аберрантные формы *Islandiella norcrossi* (Cushman, 1933): 13 – экз. МГУ, № 54030, обр. 421 см, 14 – экз. МГУ, № 54031, обр. 317 см, 15 – экз. МГУ, № 54032, обр. PS51/154-11 325 см.

Обозначения: АГ – апертурный гребень, Г – губа, ГЗ – гребенчатый зуб, ВЯ – вторичный язык, ЗК – задний край, ПК – передний край, ПЯ – первичный язык, У – устье.

Объяснение к таблице II

Islandiella norcrossi (Cushman, 1933), световой микроскоп, материал из колонки PS51/154-11 с континентального склона моря Лаптевых, поздний плейстоцен. Длина масштабной линейки 50 мкм.

Фиг. 1–6. Раковины из обр. 395 см, каждый экземпляр с трех сторон: а – вид сбоку со стороны устья, б – вид с периферического края, в – вид сбоку: 1 – экз. МГУ, № 54304, 2 – экз. МГУ, № 54308, 3 – экз. МГУ, № 54310, 4 – экз. МГУ, № 54312, 5 – экз. МГУ, № 54303, 6 – экз. МГУ, № 54302.

Фиг. 7, 8. Аберрантные формы: 7 – вид сбоку со стороны устья, экз. МГУ, № 54306, обр. 157 см, 8 – вид сбоку, два устья, обр. 263 см.

Distribution Patterns and Morphology of *Islandiella norcrossi* (Cushman) in Upper Quaternary Deposits of The Laptev Sea

Ya. S. Ovsepyan, E. E. Taldenkova

Based on the study of microfossils from the late Pleistocene-Holocene sediments of the Laptev Sea we analyze the ecology and downcore distribution of the species *Islandiella norcrossi* (Cushman, 1933), a typical representative of Arctic calcareous benthic foraminifers. This species occurs on the shelf and continental slope; it indicates normal marine conditions with seasonal sea ice cover and cold arctic water masses. This species is also related to the high seasonal productivity of the ice marginal zone. Numerous tests collected in the Laptev Sea deposits show some variations in chambers size and shape, which possible is associated with the harsh arctic conditions (influenced to limited period of growth and reproduction), there are also aberrant modifications with additional forams. The population of *I. norcrossi* contains megalospheric and microspheric specimens together with juvenile forms.

Keywords: foraminifera, benthos, morphology, ecology, Laptev Sea, Holocene, Late Pleistocene

