

## ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЛАНКТОННЫХ И БЕНТОСНЫХ ФОРАМИНИФЕР В ПОВЕРХНОСТНЫХ ОСАДКАХ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

© 2024 С.П. Плетнев<sup>1</sup>, В.К. Аннин<sup>1</sup>, А.В. Романова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия, 690041;  
e-mail: pletnev@poi.dvo.ru

<sup>2</sup>Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, Россия, 690022

Поступила в редакцию 19.07.2023; после доработки 23.01.2024; принята в печать 25.03.2024

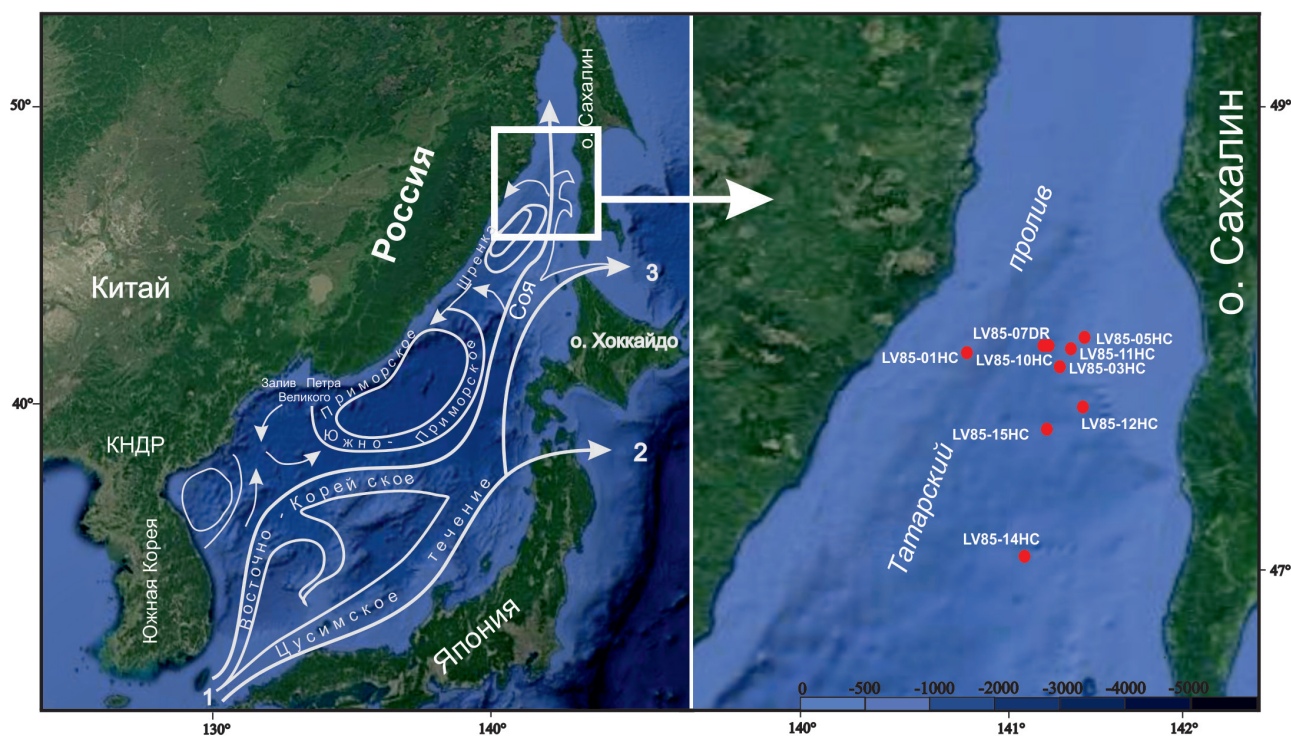
Изучена фауна планктонных и бентосных фораминифер Татарского пролива в поверхностном слое осадков из донных колонок, отобранных во время рейса LV85 научно-исследовательского судна «Академик Лаврентьев» в мае 2019 г. Сообщества бентосных фораминифер, состоящие из живых и отмерших раковин, по своему экологическому облику соответствует современным холодноводным океанографическим условиям района отбора станций. Среди планктонных фораминифер, наряду с доминирующей субарктической формой *Neogloboquadrina pachyderma dex.*, присутствуют единичные тропические и субтропические виды (*Globorotalia inflata*, *Globigerinoides ruber* и *Neogloboquadrina dutertrei*). Авторы полагают, что вышеуказанные тепловодные формы в Татарский пролив проникли из юго-западной части Японского моря с теплыми водами Цусимского течения. Ископаемые находки тепловодной фауны в плейстоценовых и голоценовых осадках играют важную роль для расшифровки геологической летописи в северной части Японского моря. Их присутствие в осадочных разрезах позволяет проследить миграцию теплового течения на север и оценить степень его влияния на прибрежные экосистемы в прошлом.

*Ключевые слова:* микрофауна, Цусимское течение, голоцен, плейстоцен, Японское море

### ВВЕДЕНИЕ

В полузамкнутых морских водоемах часто возникают особые гидрологические условия, которые влияют не только на региональный климат, но и находят свое отражение в структуре и функционировании планктонных и бентосных сообществ. К таким объектам относится и Японское море, которое соединено с Тихим океаном и его морями через узкие и мелководные проливы. Важным элементом циркуляции водных масс в том или ином бассейне является распределение теплых и холодных течений. В водном и тепловом балансе Японского моря важную роль играет приток теплых и соленых океанических вод из Восточно-Китайского моря, поставляемых Цусимским течением (северная ветвь Куроисио) через Корейский пролив (130 м). Вдоль берегов Приморья с севера идет менее интенсивное холодное Приморское течение (рис. 1). Основной сток воды из Японского

моря осуществляется через проливы Сангарский (130–150 м) и Лаперуза (55 м). Более сложная океанографическая обстановка в Японском море возникла в прошлом во время чередования ледниковых и межледниковых эпох. Гляциоэвстатическое снижение уровня моря до отметок минус 120–130 м в холодные периоды плейстоцена приводило к сокращению поступления вод Цусимского течения в результате полной или частичной изоляции Японского моря с юга (Плетнев, 1985). Напротив, в теплые эпохи в связи с подъемом уровня моря «ворота» Корейского пролива полностью раскрывались и роль теплового течения усиливалась. Таким образом, амплитудные изменения уровня моря контролировали приток теплых тихоокеанских вод с юга, усиливая эффект глобальных климатических потеплений в межледниковые эпохи и вызывая дополнительное охлаждение акватории Японского в холодные периоды (Плетнев, Гребенникова, 2007).



**Рис. 1.** Карта района Японского моря (изображение с [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)) с указанием красным цветом местонахождений изученных станций в Татарском проливе и обобщенная схема циркуляции вод по (Юрасов, 1991). 1 — Корейский пролив, 2 — Сангарский пролив, 3 — пролив Лаперуза.

**Fig. 1.** Map of the Sea of Japan area (image from [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)) with the locations of the studied stations in the Tatar Strait indicated in red and a generalized scheme of water circulation according to (Yurasov, 1991). 1 — Korean Strait, 2 — Sangar Strait, 3 — La Perouse Strait.

В настоящее время установлено влияние Цусимского палеотечения на природную среду юго-восточной и центральной части Японского моря за последние 5 млн лет (Gallager et al., 2015). Разработаны актуалистические критерии идентификации палеотечения по литолого-геохимическим признакам и органическим остаткам флоры и фауны (Fairbanks et al., 1982; Gallagher et al., 2009, 2015; Oba et al., 1991). Однако, эти трассеры и палеогеографические построения не охватывают северную часть Японского моря (Татарский пролив) в силу недостаточной ее изученности.

Между тем, эффект смягчающего влияния теплого Цусимского течения ощущается не только на современном климате северных акваторий, но и на прилегающих побережьях о. Сахалин и Приморья. К примеру, благодаря этому теплему течению прогреваются юго-западные склоны о. Сахалин, где произрастают и преобладают смешанные широколиственные леса (Микишин и др., 2022). В то же время, остальные, непрогретые, склоны покрыты растительными сообществами тайги. Одна из ветвей Цусимского течения под названием Соя огибают о. Хоккайдо и значительно смягчает климат в южной части Охотского моря, включая Южные Курилы (Дальневосточные..., 2007).

Другая, его западная ветка, в наиболее теплые сезоны проникает в залив Петра Великого и прогревает воды Южного Приморья. В целом, Цусимское течение сыграло и играет важную роль в становлении и развитии флоры и фауны всей акватории Японского моря. Поэтому, на наш взгляд, существует необходимость в дополнительной информации о степени его влиянии в северной части моря, как на современном этапе развития бассейна, так и в прошлом. Целью настоящего исследования — изучить экологический состав планктонных и бентосных фораминифер в поверхностных осадках северной части Японского моря, выделить наиболее показательные виды-индикаторы теплого Цусимского течения и по их ископаемым находкам оценивать изменение климатического режима исследуемой акватории в прошлом.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для данной работы послужили поверхностные пробы донных осадков на 9 станциях в Татарском проливе во время рейса LV85 на НИС «Академик Лаврентьев» в мае 2019 г. (рис. 1; табл. 1).

Отбор проб проводился гидростатической трубкой диаметром 12.5 см и длиной 550 см.

## ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА

Станции отбора колонок расположены в интервале глубин от 257 до 1056 м. Для просмотра микрофауны влажный осадок, верхние 2–3 см и навеской 50–100 г отмывался на сите размерностью 0.05 мм и заливался на 1–2 суток красителем — спиртовым раствором бенгальским розовым (70 %), который окрашивал цитоплазму фораминифер в малиновый цвет. Методика окрашивания позволяет отделить «живые» раковины бентосных фораминифер от мертвых и оценить автохтонность захоронения донной фауны. В каждой пробе определялась численность раковин и таксономический видовой состав фораминифер для выявления особенности структуры сообществ на исследуемых станциях. Для сравнительной характеристики количественного содержания раковин фораминифер численность экземпляров в каждой пробе пересчитывали на 50 г сухого осадка (табл. 2, 3). Такая практика часто применяется для осадков, накопление которых происходило в зонах с высоким терригенным разбавлением и низкой концентрации фораминифер (Саидова, 2009). В работе использована классификация фораминифер, разработанная А. Лоеблих и Г. Тэппен (Loeblich, Tappan, 1987).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В изученных микрофаунистических сообществах определены бентосные (37 видов) и планк-

тонные (9 видов) фораминиферы (табл. 2, 3). Численность раковин планктонных фораминифер сильно варьирует от 10 до 1870 экз. в 50 г сухого осадка. Низкая численность раковин планктонных фораминифер в осадке связана с большими поставками терригенного материала, который сильно разбавляет биогенную составляющую. Высокая численность раковин на ст. LV85-3 (1870 экз./50 г) и ст. LV85-10 (750 экз./50 г), вероятно обусловлена локальными процессами апвеллинга в верхней части островного склона.

**Таблица 1.** Каталог станций на полигоне LV-85

**Table 1.** Catalog of stations at the LV-85 polygon

| Номер станции | Широта, с.ш. | Долгота, в.д. | Глубина, м |
|---------------|--------------|---------------|------------|
| LV85-01HC     | 48°12.024    | 140°35.491    | 390        |
| LV85-03HC     | 48°10.176    | 141°07.21     | 767        |
| LV85-05HC     | 48°13.863    | 141°23.011    | 332        |
| LV85-07DR     | 48°07.251    | 141°09.90     | 625        |
| LV85-10HC     | 48°07.744    | 141°10.431    | 617        |
| LV85-11HC     | 48°07.999    | 141°18.902    | 323        |
| LV85-12HC     | 47°42.700    | 141°22.138    | 303        |
| LV85-14HC     | 47°03.934    | 141°02.795    | 1056       |
| LV85-15HC     | 47°41.124    | 140°54.004    | 1051       |

**Таблица 2.** Распределение раковин (в экз./ 50 г сухого осадка) и содержание отдельных видов планктонных фораминифер в поверхностных пробах Татарского пролива

**Table 2.** Total planktonic foraminifera abundance in 50 g of sediment and relative abundance of species in surface samples of the Tatar Strait

| Номера станций LV85                                    | 12  | 11  | 5   | 1   | 10  | 7   | 3    | 15   | 14   |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Глубина, м   |     |     |     |     |     |     |      |      |      |
| Вид  | 303 | 323 | 332 | 390 | 617 | 625 | 767  | 1051 | 1056 |
| <i>Neogloboquadrina pachyderma</i> sin. (Ehrenberg), % | 56  | 62  | 80  | 67  | 61  | 84  | 55   | 70   | 64   |
| <i>N. pachyderma</i> dex. (Ehrenberg), %               |     | 2   |     | <1  |     |     |      |      | 2    |
| <i>Globigerina bulloides</i> sin., d'Orbigny, %        | 28  | 32  | 15  | 18  | 28  | 16  | 32   | 22   | 22   |
| <i>G. bulloides</i> dex., d'Orbigny, %                 | 10  | 4   | 5   | 12  | 11  |     | 12   | 8    | 12   |
| <i>Turborotalia quinqueloba</i> (Natland), %           | 6   |     |     | 2   |     |     | <1   |      |      |
| <i>Globigerinita glutinata</i> (Egger), %              | <1  |     |     | 1   |     |     |      |      |      |
| <i>Neogloboquadrina dutertrei</i> (d'Orbigny), %       |     | <1  | <1  |     |     |     |      |      |      |
| <i>Globorotalia inflata</i> , d'Orbigny, %             |     | <1  | <1  |     |     |     |      |      |      |
| <i>Globigerinoides ruber</i> , (d'Orbigny), %          |     | <1  | <1  |     |     |     |      |      |      |
| Число раковин на 50 г осадка                           | 22  | 18  | 14  | 50  | 750 | 20  | 1870 | 60   | 44   |

**Таблица 3.** Распределение раковин (экз./50 г сухого осадка) и видов бентосных фораминифер (живых и мертвых) в поверхностных пробах Татарского пролива  
**Table 3.** Abundance of live and dead benthic foraminifers, total abundance of shells per 50 g of sediment in the studied samples

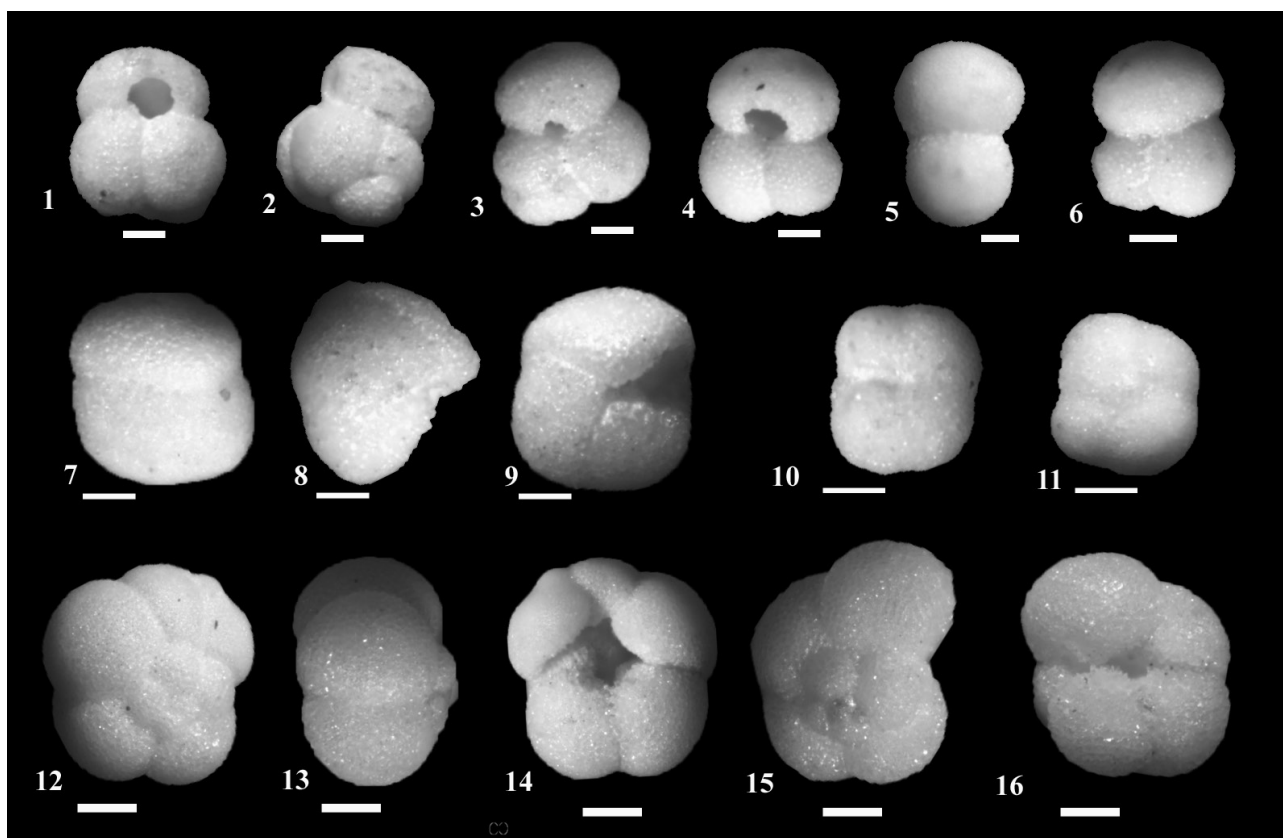
| № станции   | 12  |    | 11  |    | 5   |    | 1   |    | 10  |    | 7   |    | 3   |    | 15   |    | 14   |    |
|---|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|------|----|------|----|
|   | ж   | м  | ж   | м  | ж   | м  | ж   | м  | ж   | м  | ж   | м  | ж   | м  | ж    | м  | ж    | м  |
| Глубина, м  | 324 |    | 323 |    | 332 |    | 390 |    | 617 |    | 625 |    | 767 |    | 1051 |    | 1056 |    |
| Род, вид  | ж   | м  | ж   | м  | ж   | м  | ж   | м  | ж   | м  | ж   | м  | ж   | м  | ж    | м  | ж    | м  |
| <i>Globulimina hanzawai</i> (Asano)                         | 9   | 3  |     |    |     |    |     |    | 2   | 2  |     | 4  | 12  | 32 |      |    |      |    |
| <i>Alveolophragmium orbiculatum</i> Stschedrina             | 2   | 29 |     |    |     | 16 | 6   | 18 |     | 44 |     |    |     | 28 |      |    |      | 14 |
| <i>Nonionellina labradorica</i> (Dawson)                    | 2   | 29 |     |    | 4   |    | 18  | 18 | 4   | 18 | 2   | 44 | 16  | 2  | 22   | 2  | 14   |    |
| <i>Uvigerina akitoensis</i> Asano                           | 1   | 6  |     | 2  |     |    |     | 26 |     | 2  |     |    |     |    |      |    |      |    |
| <i>Reophax dentaliformis</i> (Brady)                        | 1   | 1  |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     | 4  |      |    |      | 22 |
| <i>Criboelphidium batiale</i> (Saidova)                     |     | 23 | 2   | 14 | 16  | 48 | 6   | 56 | 38  | 4  | 70  | 20 | 12  | 80 |      |    |      | 10 |
| <i>Trifarina kokozuensis</i> (Asano)                        |     | 5  |     |    |     |    | 2   | 2  |     |    | 20  | 16 |     |    |      |    |      |    |
| <i>Cibicides rotundatus</i> Stschedrina                     |     | 2  |     |    |     |    | 2   | 2  |     |    |     | 8  |     |    |      |    |      |    |
| <i>Cribroramoides scitulus</i> (Brady)                      |     | 4  |     |    |     |    | 2   | 4  | 14  |    |     |    |     | 16 |      |    |      |    |
| <i>Haplophragmoides rostriformis</i> Troitskaja K. Fursenko | 1   |    |     |    | 4   | 14 |     |    | 2   |    | 2   |    |     |    |      |    |      |    |
| <i>Planocassidulina kasiwazakiensis</i> Troitskaja          | 1   |    |     |    |     |    | 4   |    |     |    |     |    |     | 4  |      |    |      |    |
| <i>Trochammina quadriloba</i> Hognlung                      | 7   |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |      |    |      |    |
| <i>Reophax curtus</i> (Cushman)                             |     |    | 4   | 6  |     |    | 6   | 22 | 6   |    |     |    |     | 12 | 4    | 28 |      |    |
| <i>Trochammina voluta</i> Saidova                           |     |    | 2   | 8  |     | 28 |     |    | 22  |    |     |    |     | 4  |      | 24 |      | 2  |
| <i>Cassidulina subacuta</i> (Gudina)                        |     |    | 2   | 14 |     |    |     |    | 2   |    | 4   |    |     | 4  |      |    |      |    |
| <i>Discoislandiella umbonata</i> (Voloshinova)              |     |    | 2   | 2  |     |    |     |    | 2   | 6  | 16  |    |     |    |      |    |      |    |
| <i>Labrospira tenuis</i> (Cushman)                          |     |    |     | 8  |     |    |     |    |     |    |     |    |     |    |      |    |      |    |
| <i>Miliammina herzenstaini</i> (Schlumberger)               |     |    |     | 2  |     |    | 6   | 26 | 28  |    |     |    |     |    |      | 8  |      | 4  |
| <i>Rhizammina surtida</i> Saidova                           |     |    |     | 2  |     |    |     |    |     |    |     |    |     | 12 |      |    |      |    |



Среди планктонных таксонов фораминифер значительно преобладает субарктическая разновидность *Neogloboquadrina pachyderma* sin. (55–84 %), бореальные виды *Globigerina bulloides* (20–36 %) и *Turborotalita quinqueloba* (0–6 %). Такой состав фауны соответствует субарктическому танатоценозу, встреченному в северной части Японского моря со среднегодовыми температурами воды 4–6 °С (Плетнев, 1985). Совершенно неожиданными среди планктонных видов стали находки таких тепловодных форм как *Globigerinoides ruber*, *Globorotalia inflata*, *Neogloboquadrina dutertrei*, *N. pachyderma* dex. (рис. 2), которые ныне живут только в южной части Японского моря со среднегодовыми температурами воды выше 15 °С (Domitsu, Oda, 2006). Эти виды встречены только на станциях LV85-11 и LV85-10, где глубины составляют 323 и 617 м соответственно. По мнению японских коллег, тропический вид *G. ruber* мигрирует в Японское море с Цусимским течением (Domitsu, Oda, 2006; Kitamura, 2001) и является его надежным индикатором. *G. ruber* — «мелководный» вид, который населяет приповерхностные воды в течение своего жизненного цикла (Fairbanks

et al., 1982). Нижний температурный предел его обитания ограничен изотермой в 19 °С (Hemleben et al., 1989).

Изменение содержания левосторонней (холодноводной) и правосторонней (более тепловодной формы) *N. pachyderma* также используется в качестве трассера Цусимского течения (Oda et al., 1991). Хотя с этим выводом трудно согласиться, так как *N. pachyderma* dex. относится к южно-бореальной климатической группе. Ее же присутствие в фауне южной части Японского моря, скорее всего, обусловлено географическим положением водоема и комфортными условиями обитания, а не только теплыми водами Цусимского течения (Плетнев, 1985). Несмотря на то, что в зимний период почти 50 % площади Татарского пролива покрыто льдом, летом температура воды повышается до 18–20 °С в верхних 10–15 м исследуемого полигона (Дальневосточные..., 2007), создавая благоприятные условия для обитания и размножения вида *G. ruber* в Татарском проливе. Ниже изобаты 15 м температура снижается и на глубине 50 м достигает 4 °С (Дальневосточные..., 2007). Поскольку *G. inflata* и *N. dutertrei* живут на больших глубинах,



**Рис. 2.** Тепловодные планктонные фораминиферы, встреченные в поверхностных пробах Татарского пролива: 17–96 — *Globigerinoides ruber*, 7–9 — *Globorotalia inflata*, 10–11 — *Neogloboquadrina pachyderma* dex., 12–16 — *Neogloboquadrina dutertrei*.

**Fig. 2.** Warm-water planktonic foraminifera found in surface samples of the Tatar Strait: 1–6 — *Globigerinoides ruber*, 7–9 — *Globorotalia inflata*, 10–11 — *Neogloboquadrina pachyderma* dex., 12–16 — *Neogloboquadrina dutertrei*.

чем *G. ruber*, то такие низкие температурные условия не пригодны для их воспроизводства. С большой долей вероятности можно допустить, что *G. inflata* и *N. dutertrei* были доставлены на полигон теплым течением в виде уже отмерших раковин. Средняя скорость Цусимского течения в северной части Японского моря составляет около 0.2–0.4 м/с (Андреев, 2018), что позволяет переносить пустые раковины этих видов на дальние расстояния.

Находки раковин тепловодных планктонных фораминифер отмечены в четвертичных осадках и более северных акваторий (Романова, 2013). Все они связаны с притоком теплых вод из более южных районов. Планктонные виды *G. ruber* и *G. conglobatus* были встречены З.Г. Щедриной (1953) в донных осадках Охотского моря вблизи северного побережья о. Хоккайдо и южной окраины о. Сахалин. По предположению Н.В. Беляевой и И.И. Бурмистровой (2003), эти виды могли проникнуть из западной части Тихого океана через Цусимский пролив сначала в Японское море, а через пролив Лаперуза с течением Соя и в Охотское море. Подобные, но более масштабные, адвекции теплых атлантических вод с тропической фауной планктонных фораминифер отмечены в Карском море (Оськина и др., 2019).

Среди бентосных фораминифер встречено 37 видов с карбонатной и агглютинированной раковиной (табл. 3). Раковины с протоплазмой составляют пятую часть и по видовому составу близки всему сообществу, включающему живые и мертвые бентосные фораминиферы. Численность раковин бентосных фораминифер в осадке невысокая и варьирует от 18 до 129 экз. в 50 г сухого осадка. Наибольшее число раковин отмечено на станциях с глубинами 300–800 м. По мере увеличения глубины количество раковин снижается до 18 экз. в 50 г осадка, но среди них возрастает роль агглютинированных форм до 30–45%. Карбонатные раковины на глубоководных станциях корродированы и часто несут следы растворения. По-нашему мнению, в районе исследуемого полигона в холодные сезоны придонная вода недонасыщена  $\text{CO}_2$ , что приводит к избирательному растворению известковых раковин в результате аномально высокого стояния уровня карбонатной компенсации. Этот вопрос требует дополнительного изучения.

В пределах глубин 303–390 м (станции LV85-12, LV85-11, LV85-5 и LV85-1) в танатоценозах бентосных фораминифер доминируют виды с карбонатной раковиной *Criboelphidium batiale*, *Cassidulina subacuta*, *Globobulimina hanzawai*, *Nonionellina labradorica* и в меньшей степени отмечены формы с агглютинированной раковиной — *Alveolophragmium orbiculatum*, *Cribrostomoides scitulus*, *Reophax curtus*, *Trochammina voluta*. На станции

LV85-1, отобранной с глубины 390 м, отмечена максимальная численность бентосных фораминифер (129 экз./50 г). Здесь, наряду с вышеуказанными видами отмечено высокое участие карбонатных видов *Uvigerina akitaensis* и *Islandiella japonica*.

На станциях LV85-10, LV85-7, LV85-3, расположенных в интервале глубин 617–767 м, численность раковин и видовой состав бентосных фораминифер существенно не отличаются от вышеописанной фауны, обитающей в диапазоне глубин 303–390 м. В составе сообществ наиболее представительны карбонатные виды *C. batiale* и *N. labradorica* на глубинах более 1000 м, и увеличивается роль агглютинированных форм *R. curtus* и *T. voluta*.

В целом фауна бентосных фораминифер характерна для континентального склона северной части Японского моря, где преимущественно накапливаются терригенно-глинистые илы в условиях высокого окислительного потенциала (Аннин, 2002). В составе бентосных фораминифер не отмечено таких тепловодных видов как *Asterorotalia gaimardii* и *Heterolepa margaritifera*, которые проникают из Восточно-Китайского моря и живут в юго-западном секторе Японского моря в зоне Цусимского течения (Gallagher et al., 2009; Hoiles et al., 2012). Все это указывает, что струи теплого Цусимского течения не оказывают особого влияния на температурный режим придонных вод и состав бентосных сообществ исследуемого полигона на глубинах более 300 м.

Таким образом, проведенный микропалеонтологический анализ в Татарском проливе подтвердил возможность применения современных и ископаемых находок тропических и субтропических видов планктонных фораминифер в качестве надежных индикаторов влияния Цусимского течения на исследуемый район. Их раковины отличаются мелкими размерами и довольно тонкими стенками, что свидетельствует об угнетенных условиях их обитания. Отсутствие термофильных видов на станциях с глубиной более 400 м связано с их избирательным растворением или ограничением ширины потока теплых струй течения вдоль Сахалина. Более точными могли бы быть данные регулярных наблюдений за планктонными ловами, так как тепловодные формы, вероятно, проникают только в аномально теплые годы.

## ВЫВОДЫ

Изучение планктонных и бентосных фораминифер в поверхностных осадках на полигоне LV85 дополняют и расширяют общие сведения о закономерностях расселения данной группы

организмов в малоисследованном районе Татарского пролива. В изученных комплексах фораминифер определено 46 видов и их разновидностей: из них 37 — бентосные и 9 — планктонные. Наибольшая численность их раковин отмечена в интервале глубин 300–800 м, что, по-видимому, обусловлено локальным апвеллингом в верхней части островного склона Западного Сахалина. Живые особи бентосных фораминифер составляют 10–18 % от общего числа раковин, и они по своему видовому составу идентичны всему сообществу фораминифер, включая мертвые раковины. Увеличение агглютированных фораминифер и корродированных известковых раковин указывает на повышенное избирательное растворение карбонатных видов в пределах изобат 800–1000 м. Среди бентосных фораминифер не отмечено проникновения с юга термофильных видов.

В изученной фауне планктонных фораминифер на всех станциях доминирует субарктическая *N. pachyderma* sin. (55–84 %). Появление таких тепловодных планктонных фораминифер *G. ruber* и *G. inflata* в поверхностных осадках Татарского пролива с его холодными океанографическими условиями объясняется их переносом поверхностным потоком теплого Цусимского течения в осенне-летние сезоны из Корейского пролива. С позиций актуализма находки раковин тепловодных видов *G. ruber* и *G. inflata* в голоценовых и плейстоценовых осадках могут быть хорошими индикаторами проникновения теплых вод Цусимского палеотечения в северную часть Японского моря. Присутствие в составе ископаемого сообщества раковин экваториально-тропического вида *G. ruber* указывает на повышение поверхностных температур вод в северной части Японского моря в прошлые эпохи до 19 °С и выше.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ № (Гос. регистрации №121021500055-0).

#### Список литературы [References]

Андреев А.Г. Особенности циркуляции вод в южной части Татарского пролива // Исследование Земли из космоса. 2018. № 1. С. 3–11 [Andreev A.G. Peculiarities of the Water circulation in the Southern Tartar Strait // Issledovanie Zemli izkosmos. 2018. № 1. P. 3–11 (in Russian)].

Аннин В.К. Роль абиотических факторов в распределении бентосных фораминифер в Татарском проливе // Океанология. 2002. Т. 42. № 4. С. 551–554 [Annin V.K. Role of Abiotic Factors on Benthic Foraminifera distribution in the Tatar Strait // Oceanology. V. 42. № 4. P. 526–529].

Беляева Н.В., Бурмистрова И.И. Планктонные фораминиферы в осадках Охотского моря // Океано-

логия. 2003. Т. 43. № 2. С. 219–227 [Belyaeva N.V., Burmistrova I.I. Planktonic foraminifera in the recent sediments of the Sea of Okhotsk // Oceanology. 2003. V. 43. № 2. P. 206–214].

Дальневосточные моря России. Кн. 1. Океанологические исследования / Гл. ред. В.А. Акуличев М.: Наука, 2007. 659 с. [Far Eastern Seas of Russia. Book 1. Oceanological Research. Principal Editor Academician V.A. Akulich. Moscow: Nauka, 2007. 659 p. (in Russian)].

Микишин Ю.А., Горбунов А.О., Гвоздева И.Г., Черепанова М.В. Палеоклиматы, растительность и геохронология ландшафтно-климатических изменений на побережье юго-западной окраины Сахалина в среднем–позднем голоцене // Геосистемы переходных зон. 2022. Т. 6. № 3. С. 218–236. <https://doi.org/10.30730/gtr.2022.6.3.218-236> [Mikishin Yu.A., Gorbunov A.O., Gvozdeva I.G., Cherepanova M.V. Palaeoclimates, vegetation and geochronology of landscapeclimatic evolution on the coast of the southwestern margin of Sakhalin in the Middle–Late Holocene. Geosystems of Transition Zones, 2022. V. 6. № 3. P. 218–236 (in Russian)].

Оськина Н.С., Хусид Т.А., Либина Н.В. и др. Тепловодные планктонные фораминиферы в осадках Карского моря // Океанология. 2019. Т. 59. № 3. С. 485–496. <https://doi.org/10.31857/S0030-1574593485-496> [Oskina N.S., Khusid T.A., Libina N.V. et al. Warm-water planktonic foraminifera in Kara Sea // Oceanology, 2019. V. 59. № 3. P. 440–450].

Плетнев С.П. Стратиграфия донных отложений и палеогеография Японского моря в позднечетвертичное время. Владивосток: ДВНЦАН СССР, 1985. 110 с. [Pletnev S.P. Stratigraphy of bottom sediments and paleogeography of the Sea of Japan in the Late Quaternary. Vladivostok: DVNTs of the USSR Academy of Sciences, 1985. 110 p. (in Russian)].

Плетнев С.П., Гребенникова Т.А. Изменение среднегодовой температуры поверхностных вод восточной части Японского моря в позднем кайнозое / Изучение глобальных изменений на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 112–126 [Pletnev S.P. Grebennikova T.A. Changes in the average annual temperature of surface waters in the eastern part of the Sea of Japan in the late Cenozoic / Global Change studies in the Far East. Vladivostok: Dalnauka, 2007. P. 112–126 (in Russian)].

Романова А.В. Палеогеографические особенности формирования осадков Охотского моря в позднем плейстоцене-голоцене (по данным фораминифероанализа) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2013. № 1. Вып. 21. С. 231–243 [Romanova A.V. Paleogeography of sedimentation in the Sea of Okhotsk during late Pleistocene-Holocene (based on data from planktonic foraminifera analysis) // Vestnik KRAUNTs. Nauki o Zemle. 2013. № 1(21). P. 231–243].

Саидова Х.М. Сообщество фораминифер Белого моря // Океанология. 2009. Т. 49. № 4. С. 543–548 [Saidova Kh.M. Assemblages of benthic foraminifera in White Sea // Oceanology. 2009. V. 49. № 4. P. 499–504].

Щедрина З.Г. Новые данные по фауне фораминифер Охотского моря и ее распространение // Труды ЗИН АН СССР. 1953. Т. 13. С. 12–32 [Shchedrina

- Z.G. Novyedannye po faune foraminifer Ohotskogo moray i ee rasprostranenie // Trudy ZIN AN SSSR. 1953. V. 13. P. 12–32 (in Russian).
- Юрасов Г.И., Яричин В.Г. Течения Японского моря. Владивосток: Изд-во ДВО РАН, 1991. 190 с. [Yurasov G.I., Yarichin V.G. Tcheniya Yaponskogo moray. Vladivostok: Izd-vo DVO RAN, 1991. 190 p. (in Russian)].
- Domitsu H., Oda M. Linkages between surface and deep circulations in the southern Japan Sea during the last 27,000 years: evidence from planktic foraminiferal assemblages and stable isotope records // Mar Micropaleontol. 2006. № 61. P. 155–170.
- Fairbanks R.C., Sverdlow M., Free R. et al. Vertical distribution and isotopic fractionation of living planktonic foraminifer from the Panama Basin // Nature. 1982. № 298. P. 841–844.
- Gallagher S., Kitamura A., Iryu Y. et al. The Pliocene to recent history of the Kuroshio and Tsushima Currents: a multi-proxy approach // Progress in Earth and Planetary Science. 2015. V.2. № 17. P. 1–23. <https://doi.org/10.1186/s40645-015-0045>
- Gallagher S.J., Wallace M.W., Li C.L. et al. Neogene history of the West Pacific warm pool, Kuroshio and Leeuwin in currents // Paleoceanography. 2009. V. 24. № 1. PA1206.
- Hemleben C., Spindler M., Anderson O.R. Modern planktonic foraminifera. Springer, New York: 1989. 469 p.
- Hoiles P.W., Gallagher S.J., Kitamura A., Southwood J.M. The evolution of the Tsushima Current during the early Pleistocene in the Japan Sea: an example from Marine Isotope Stage (MIS) 47 // Global Planet Change. 2012. № 92–93. P. 162–178.
- Kitamura A., Takano O., Takada H., Omote H. Late Pliocene–early Pleistocene paleoceanographic evolution of the Japan Sea // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2001. V. 172. № 1–2. P. 81–98.
- Loeblich A.R., Tappan H. Foraminiferal genera and their classification. V. 1, 2. Los Angeles: Van Nostrand Comp. 1987. 970 p.
- Oba T., Kato M., Kitazato H. et al. Paleoenvironmental changes in the Japan Sea during the last 85,000 years // Paleoceanography, 1991. V. 6. № 4. P. 499–518.

## ECOLOGICAL PATTERNS OF PLANKTONIC AND BENTHIC FORAMINIFERA IN SURFACE SEDIMENTS OF THE TATAR STRAIT (JAPANESE SEA)

S.P. Pletnev<sup>1</sup>, V.K. Annin<sup>1</sup>, A.V. Romanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia, 690041;

<sup>2</sup>Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia, 690022

Received Yule 19, 2023; revised January 23, 2024; accepted March 25, 2024

The fauna of planktonic and benthic foraminifera of the Tatar Strait in the surface layer of sediments from cores sampled during the cruise LV85 on the R/V «Akademik Lavrentiev» in May 2019 has been studied. The benthic foraminifera assemblages, consisting of living and dead shells, correspond in their ecological appearance to the modern cold-water oceanographic conditions of the studied area. Among planktonic foraminifera, along with the dominant subarctic form *Neogloboquadrina pachyderma* dex., there are single tropical and subtropical species (*Globorotalia inflata*, *Globigerinoides ruber* and *Neogloboquadrina dutertrei*). The authors believe that the above warm-water forms entered the Tatar Strait from the southwestern part of the Sea of Japan with the warm waters of the Tsushima Current. Fossil finds of warm-water fauna in Pleistocene and Holocene sediments play an important role in deciphering the geological record in the northern part of the Sea of Japan. Their presence in sedimentary sections makes it possible to trace the northward migration of the warm current and assess the extent of its influence on coastal ecosystems in the past.

**Keywords:** microfauna, Tsushima Current, Holocene, Pleistocene, Sea of Japan.