

Особенности фораминиферовых сообществ в подводных ландшафтах прибрежной зоны Юго-Восточного Приморья

Елена Дямилевна ИВАНОВА
ведущий инженер
ivanova@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5960-4824>
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

Аннотация. Изучены бентосные фораминиферы (таксономический состав, общая численность и процентное соотношение видов в комплексах) как составная часть биоты подводных ландшафтов прибрежной зоны Юго-Восточного Приморья. Пробы отбирались по двум профилям, расположенным на шельфе напротив входов в залив Ольги (профиль I) и в бухту Киевка (профиль II). По профилю I на глубинах от 30 до 100 м было отобрано 3 пробы, по профилю II было взято 8 проб на глубинах от 18 до 190 м. По результатам фораминиферового анализа в комплексах было определено 60 видов бентосных фораминифер, из которых 6 относятся к агглютинирующим (песчаным) формам, остальные виды – секреторные (известковые). Исследования показали, что основными природными факторами, влияющими на жизнедеятельность фораминиферовых сообществ в местах отбора проб, являются гидродинамика среды и характер грунта. Их свойства формируются под воздействием холодного Приморского течения, в зоне влияния которого находится район исследований. Таксономический состав комплексов в осадках относительно небольших глубин (от 18 до 50 м) представлен видами, имеющими широкий диапазон распространения – от мелководных маршей и лагун (от 0 м) до открытых акваторий внутреннего шельфа (до 50–60 м). Более глубоководные комплексы сформированы в условиях активной гидродинамики при постоянном поступлении на дно большого количества органического материала. В их составе доминируют виды, являющиеся индикаторами продуктивности поверхностных вод, а также виды, ведущие прикрепленный образ жизни в условиях активного действия придонных течений.

Ключевые слова: бентосные фораминиферы, подводные ландшафты, гидродинамика, субстрат, Приморское течение

Для цитирования: Иванова Е.Д. Особенности фораминиферовых сообществ в подводных ландшафтах прибрежной зоны Юго-Восточного Приморья // Тихоокеанская география. 2026. № 1. С. 105–115. https://doi.org/10.35735/26870509_2026_25_8.

Features of foraminiferal communities in the underwater landscapes of the coastal zone of South-Eastern Primorye

Elena D. IVANOVA

Lead engineer

ivanova@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5960-4824>

Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

Abstract. Benthic foraminifera (taxonomic composition, total abundance, and the percentage ratio of species in assemblages) as a component of the underwater landscapes biota in the coastal zone of South-Eastern Primorye were studied. Samples were collected along two profiles located on the shelf opposite the entrances to Olga Bay (profile I) and to Kievka Bay (profile II). Three samples were collected along the profile I at depths from 30 m to 100 m, eight samples were taken along the profile II at depths from 18 m to 190 m. Based on the results of foraminiferal analysis, 60 species of benthic foraminifera were identified in the assemblages, 16 of which were agglutinate (sandy) forms, the remaining species were secretory (calcareous). The studies have shown that the main natural factors influencing the vital activity of foraminiferal communities at the sampling sites are environmental hydrodynamics and the nature of the sediment. Their properties were formed under the impact of the cold Primorsky Current, in the zone of influence of which the studied area is located. The taxonomic composition of the complexes for relatively shallow depths (from 18 m to 50 m) is represented by species with a wide range of distribution, from shallow marshes and lagoons (from 0 m) to open waters of the inner shelf (50-60 m). Deeper-water complexes formed under conditions of active hydrodynamics with a constant flow of large amounts of organic material to the bottom. Species-indicators of the productivity of surface waters dominate in this communities, as well as species that lead a sedentary lifestyle under conditions of active bottom currents.

Keywords: benthic foraminifera, underwater landscapes, hydrodynamics, substrate, Primorsky Current

For citation: Ivanova E.D. Features of foraminiferal communities in the underwater landscapes of the coastal zone of South-Eastern Primorye. Pacific Geography. 2026;(1):105-115. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2026_25_8.

Введение

Главной особенностью современных морских исследований донных сообществ является их ландшафтно-экологическая направленность. Подводные ландшафты представляют собой природные системы, возникающие в зоне взаимодействия рельефа и минерального субстрата и существующие на базе определенной геологической истории, гидроклиматических факторов и биоты. Их можно рассматривать как внешнее отражение всех процессов, происходящих в экосистеме [1, 2]. Разнообразие донных ландшафтов в значительной степени определяется с разнообразием бентосных сообществ, напрямую зависящих от свойств осадка. Наиболее тесно с этим связаны бентосные фораминиферы, особенно их инфунальные (зарывающиеся) формы, результаты жизнедеятельности которых вносят свой вклад в формирование тех или иных микроформ рельефа в процессе биотурбации [3, 4]. Морфологические особенности и жизненный цикл фораминифер, формирование их комплексов обусловлены влиянием различных факторов среды, каждый из которых при определенных условиях имеет приоритетное значение для жизнедеятельности этих организмов, что позволяет использовать их в качестве индикаторов состояния среды в морских экосистемах [5–7]. Особенно это важно для изучения донных ландшафтов в шельфовых зонах, где развиты реликтовые отложения. Необходимость из-

учения современных сообществ бентосных фораминифер (БФ) с учетом их экологических предпочтений заключается в возможности использования полученных данных не только в исследованиях по биомониторингу океана, но и в палеоэкологических и палеогеографических интерпретациях, основываясь на униформистском принципе «настоящее – ключ к прошлому».

В данной работе показаны результаты изучения фораминиферовых сообществ из поверхностных осадков донных ландшафтов на шельфе Юго-Восточного Приморья. Район исследований находится в зоне влияния холодного Приморского течения, что обусловило особенности формирования донных сообществ. Целью работы являлось описание видового состава выделенных комплексов БФ, выявление связи формирования фораминиферовых сообществ с основными факторами морской среды (изменение глубины воды, особенности гидродинамики, характер грунта), определяющими их распределение, разнообразие и обилие в донных биоценозах в условиях влияния придонных течений.

Физико-географическая характеристика района исследований

Шельф Приморья относится к типу узких эпиконтинентальных шельфов с преимущественно терригенным типом донных отложений [3]. В исследуемом районе осадконакопление формируется за счет поступления материала с твердым стоком рек, а также в результате абразионно-денудационных процессов в береговой зоне. На глубине 50–60 м современные осадки выклиниваются, переходя в зону реликтовых отложений [8], где о современном состоянии морской среды могут дать информацию бентосные сообщества (в том числе БФ). Формирование подводных ландшафтов в исследуемом районе связано с действием придонных течений, направление которых совпадает с направлением холодного Приморского течения [9]. Это течение является важным элементом круговорота вод в северной части Японского моря, а его относительно холодные, с пониженной соленостью воды оказывают большое влияние на все восточное побережье Приморья. Течение, захватывая толщу воды на глубину около 300 м, следует вдоль кромки шельфа на расстоянии 20–30 км от берега и имеет максимальную скорость на глубине около 100 м [9–11]. Многочисленные наблюдения выявили сложную структуру Приморского течения, состоящую из непосредственно зоны холодноводного потока (мористее изобат 40–50 м), фронтальной зоны над изобатами 20–40 м и зоны вдольбереговых противотечений [12, 13]. Течение формирует тип грунта, а также обеспечивает высокую продуктивность поверхностных вод, поставляя пищу и кислород, что влияет на размножение и расселение в прибрежных водах морских растений и беспозвоночных, споры и личинки которых пассивно переносятся [14]. В фораминиферовых сообществах, сформированных в этих условиях, отмечается большое количество инфунальных видов индикаторов биопродуктивности: *Uvigerina peregrina*, *Trifarina kokozuraensis*, представителей рода *Cibicides*.

Материалы и методы

Для изучения современных комплексов БФ в прибрежной зоне были использованы образцы осадков, отобранные грунтовыми трубками с борта судна в районе залива Ольги (профиль I) и бухты Киевка (профиль II) (см. рис.).

Взвешенные пробы отмывались через сита с размером ячейки >0.05 мм и >0.063 мм и высушивались при комнатной температуре. При последующем просмотре образцов под микроскопом (был использован стереомикроскоп МСП-2 вар. 5) в каждом из них подсчитывалось общее число раковин (для показательности в пересчете на 30 г сухого осадка), определялись таксономический состав и процентное соотношение видов. Для идентификации видов были использованы работы по таксономии БФ отечественных и зарубежных авторов [15–18], а также международные электронные базы данных [19, 20]. По образу

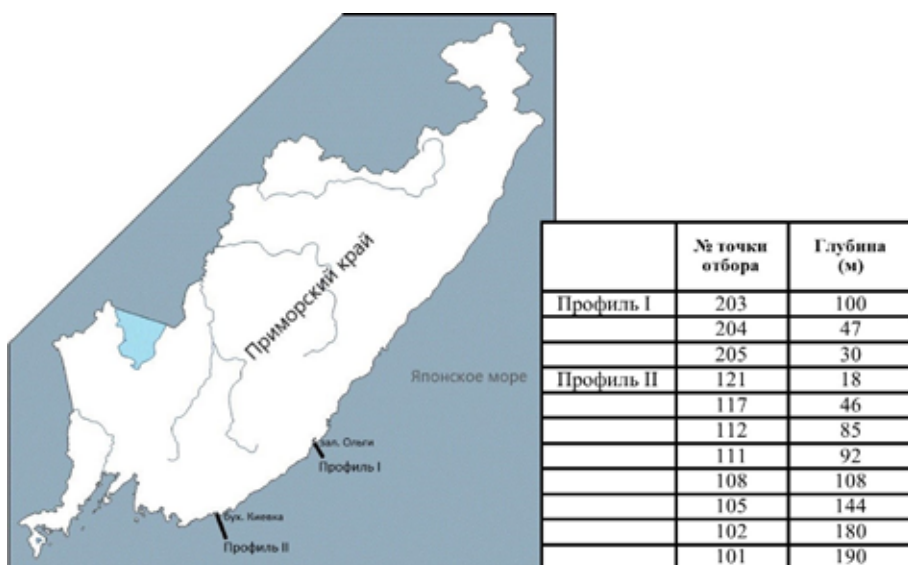


Рис. Расположение профилей опробования донных осадков у побережья Юго-Восточного Приморья
 Fig. Location of bottom sediment sampling profiles near the coast of South-Eastern Primorye

жизни бентосные фораминиферы подразделяются на инфунальные (зарывающиеся в осадок) и эпифаунальные (живущие на поверхности осадка). Большинство встреченных видов являются инфунальными, предпочитающими активную гидрологическую обстановку, а также глубоководные условия. Это, как правило, детритофаги, глубоко зарывающиеся в субстрат (до 25–30 см от поверхности осадка) и питающиеся осажженным и захороненным в донных осадках органическим веществом. Эпифаунальные виды, как правило, ведут прикрепленный образ жизни и являются сестонофагами, питающимися из придонного слоя воды взвешенным органическим материалом [21–23].

Результаты и их обсуждение

При изучении сообществ бентосных фораминифер было определено 60 видов, относящихся к 32 родам, из которых 6 относятся к агглютинирующим (песчаным) формам, остальные виды – секреторные (известковые).

В районе залива Ольги (профиль I) было взято три пробы на глубинах 30 м (т.о. 205), 47 м (т.о. 204) и 100 м (т.о. 203) (см. рис.). Осадки в точках отбора 203 и 204 представлены зеленовато-серым заиленным мелкозернистым песком с большим количеством гравия и мелкой, хорошо окатанной галькой. Заиленность грунта может свидетельствовать об относительно спокойной гидродинамической обстановке. В выделенных комплексах БФ определено 34 известковых вида и 3 агглютинирующих вида. Ядро комплексов составляют виды, характерные для открытых акваторий бухт и заливов, а также внутреннего и внешнего шельфа (табл. 1).

Наиболее высокими значениями обилия (274 экз./30 г сух. ос.) и видового разнообразия (28 видов) отличается комплекс БФ в т.о. 203. Доминантную группу составляют виды *Cibicides lobatulus* (24.9 %), *Islandiella excavata* (13.6 %), *Retroelphidium subgranulosum* (10.1 %), *Trifarina kokozuraensis* (9.7 %), *Cassandra limbata* (9.3 %), *Uvigerina peregrina* (13.2 %), широко распространенные на шельфе, а также встречающиеся на глубинах более 1000 м [16, 21]. Такой состав ведущих видов согласуется с имеющимися данными по БФ более ранних исследований в этом районе [5, 6]. Самым многочисленным является *Cibicides lobatulus* (до 24.9 %), эпифаунальный вид, толерантный к увеличению солености

Таблица 1

Видовой состав комплексов БФ и их процентное содержание в точках отбора проб по Профилю I

Table 1. Species composition of BF complexes and their percentage content at sampling points along Profile I

Виды БФ	Точки отбора		
	203 (100 м)	204 (47 м)	205 (30 м)
<i>Alabaminoides antarcticus</i> Gudina et Saidova	3.1		
<i>Ammonia neobecarii</i> Stschedrina et Mayer	0.0		
<i>Bolivina decussata</i> Brady	0.1		
<i>Buccella frigida</i> (Cushman)	0.4	2.3	
<i>Buccella granulata</i> (Lautenschleger)	1.2	8.6	
<i>Buccella hannaе arctica</i> Voloschinova	1.2		
<i>Buccella inusitata</i> Andersen	0.8	3.9	
<i>Buccella morishimae</i> (Chiji)	1.6		
<i>Bucella depressa</i> Andersen		0.1	
<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny)		5.5	
<i>Cassandra grandis</i> Troitskaja	1.2		
<i>Cassandra limbata</i> (Cushman et Hughes)	9.3	13.2	
<i>Cassidulina delicata</i> Cushman	1.6		
<i>Cassidulina subacuta</i> (Gudina)	0.6	6.2	
<i>Globocassidulina subglobosa</i> (Brady)	0.4		
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker et Jacob)	24.9	26.5	
<i>Criboelphidium asterineum</i> Troitskaja		0.5	
<i>Criboelphidium etigoense</i> (Husezima et Maruhasi)	0.8	2.3	
<i>Criboelphidium goesi goesi</i> (Stschedrina)		0.1	
<i>Discoislandiella umbonata</i> (Voloshinova)	1.9	0.4	
<i>Eggerella advena</i> Cushman		1.0	
<i>Elphidiella arctica</i> (Parker et Jones)	0.1		
<i>Elphidiella flos</i> Troitskaja		0.1	
<i>Fissurina semimarginata</i> (Reuss)	0.02	0.02	
<i>Islandiella excavata</i> (Voloshinova)	13.6		
<i>Islandiella japonica</i> (Asano et Nakamura)	0.4	1.6	
<i>Nonionellina labradorica</i> (Dawson)	1.2	1.6	
<i>Planocassidulina kasiwazakiensis</i> (Husezima et Maruhasi)	1.6	0.1	
<i>Pyrgo sarsi</i> (Schlumberger)			1
<i>Quinqueloculina yezoensis</i> Asano			3
<i>Retroelphidium subgranulosum</i> (Asano)	10.1	19.5	
<i>Rotaliammina moneronensis</i> K.Furssenko		0.02	
<i>Trifarina kokozuraensis</i> (Asano)	9.7	1.7	
<i>Trochammina inflata</i> (Montagu)	0.4		
<i>Uvigerina auberiana</i> d'Orbigny	0.8	0.7	
<i>Uvigerina peregrina</i> Cushman	13.2	3.9	
Число видов	28	23	2
Общая численность (на 30 г сух. осадка)	274	37	4

Примечание. В скобках – глубина (м).

и ведущий прикрепленный к субстрату (от просто осадка до камней и раковин моллюсков) образ жизни. Остальные доминирующие виды представлены инфунальными формами, толерантными к дизоксидным условиям и предпочитающими заиленные осадки. Субдоминантная группа имеет довольно пестрый видовой состав, куда входят фораминиферы, обычные для условий открытого шельфа, но редко встречающиеся на мелководье (литораль, лагуны, эстуарии и т.д.) (см. табл. 1). Все это показывает, что формирование осадков в данной точке отбора проходило в условиях спокойной гидродинамической обстановки при нормальной солености.

Глубина т.о. 204 составляет 47 м. Выделенный комплекс БФ отличается меньшей общей численностью раковин (37 экз./30 г сух. осадка), меньшим количеством встреченных видов (23 вида). При общем сходстве доминантной группы БФ с комплексом в т.о. 203 отмечается резкое снижение численности представителей рода *Uvigerina*, предпочитающих более глубоководные условия. Видовой состав субдоминантной группы также сходен с вышеописанным комплексом БФ, но отличается процентным соотношением видов. Здесь отмечается исчезновение глубоководных представителей рода *Cassidulina*, увеличение доли более мелководных форм: *Buliminella elegantissima*, представителей родов *Criboelphidium*, *Buccella* (см. табл. 1). Учитывая особенности данного сообщества БФ, можно предположить наличие условий более активной гидродинамической обстановки в точке отбора 204.

Пробы в т.о. 205 были отобраны с глубины 30 м. Формирование осадков в этой зоне происходит под влиянием волно-прибойных процессов, в результате которых перемешивание наносов в береговой зоне достигает глубин 20–35 м [8]. Грунт представлен серовато-желтым разнородным песком с гравием и обилием ракушечного детрита, что предполагает активную гидродинамическую среду при его формировании. Здесь встречены единичные представители родов *Quinqueloquina* и *Pyrgo* с фарфоровидной стенкой раковины, относящиеся к эпифаунальным формам и предпочитающие условия внутреннего шельфа с широким диапазоном солености [21, 22].

Профиль II проложен от входа в бухту Киевка и дальше от берега в юго-восточном направлении до глубины 190 м (см. рис.). Фораминиферовый анализ был проведен для 8 проб, из которых наиболее близкая к берегу проба была отобрана на глубине 18 м (между мысами Разградского и Островным), самая удаленная от берега – на глубине 190 м (внешний шельф) (табл. 2).

В т.о. 121 (глубина 18 м) грунт представлен желтовато-серым крупнозернистым песком с гравием, с небольшим количеством мелкой гальки и обилием битой и целой толстостенной ракушки. В выделенном комплексе БФ определено 14 видов при общей численности раковин 192 экз./30 г сухого осадка. Ядро комплекса составляют представители семейства Elphidiidae, обычные для условий сублиторали. Субдоминантную группу представляют виды, имеющие широкий ареал обитания – от лагун и морских маршей до районов внутреннего шельфа (см. табл. 2). Присутствие в комплексе представителей рода *Quinqueloculina* и вида *Canalifera fax*, предпочитающих грубые осадки [24], свидетельствуют об активности водной среды, характерной для береговой зоны (волно-прибойные процессы, прибрежные течения).

С глубины 46 м (т.о. 117) характер грунта меняется. Здесь отмечены оливково-зеленый заиленный мелкозернистый песок с небольшим содержанием гальки, гравия и обломками ракушки. Заиленность осадка является, вероятно, результатом ослабления волно-прибойных процессов на этой глубине. В выделенном комплексе БФ увеличивается численность инфаунального вида *Eggerella advena* (до 30 %) и представителей рода *Buccella*, появляются виды *Cassidulina teretis* и *Turrilina cunaschirensis*, предпочитающие условия формирования осадка при невысокой активности водной среды.

До изобаты 100 м состав грунта практически не меняется. Однако увеличение глубины влияет на экоструктуру фораминиферовых сообществ. На этих глубинах усиливается воздействие на донную среду основного потока Приморского течения, скорость которого составляет >10 см/с [11, 13]. Такие гидрологические условия с активным переносом донного субстрата формируют сообщества бентосных организмов с определенными механизмами приспособления: высокой подвижностью, способностью закапываться [9].

В т.о. 112 (гл. 85 м) в комплексе меняется состав доминантной группы. Ведущими становятся виды, характерные для шельфа-верхней батнали: *Cibicides lobatulus* (32.5 %), *Discoislandiella umbonata* (17.8 %), *Buccella morishimae* (10 %), предпочитающие прикрепленный образ жизни в условиях высокой гидрологической активности [15, 16, 21]. В акцессорной группе также появляются более глубоководные виды: *Uvigerina peregrina*,

Таблица 2

Видовой состав комплексов БФ и их процентное соотношение в точках отбора проб по Профилю II
Table 2. Species composition of BF complexes and their percentage content at sampling points along Profile II

Виды БФ	Точки отбора проб							
	121 (18 м)	117 (46 м)	112 (85 м)	111 (92 м)	108 (108 м)	105 (144 м)	102 (180 м)	101 (190 м)
<i>Alveolophragmium orbiculatum</i> Stschedrina			2.5					
<i>Buccella frigida</i> (Cushman)		11.5						
<i>Buccella hannaе arctica</i> Voloschinova		11.5	2.5					
<i>Buccella morishimae</i> (Chiji)	4.2	7.7	10	21.7	36		6.1	25.7
<i>Buccella limpida</i> Levthcuk	8.3							
<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny)	4.2							
<i>Canalifera fax</i> (Nicol)	8.3							
<i>Cassidulina teretis</i> Tappan		15.4	5	24.3	8			
<i>Cassandra singularis</i> Troitskaya				5.2				34.8
<i>Cassidulina cushmani</i> K. Stewart et R. Stewart								4.7
<i>Cassidulina subacuta</i> (Gudina)			7.5					
<i>Cassidulina translucens</i> Cushman & Hughes							3.0	
<i>Cassilamellina setanaensis</i> (Asano et Nakamura)								
<i>Cibicides refulgens</i> Montfort					12		9.1	4.5
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker et Jacob)			32.5	22.6		20		10.6
<i>Criboelphidium asterineum</i> Troitskaja	12.5	3.8		0.9				
<i>Criboelphidium battale</i> (Saidova)			2.5					
<i>Criboelphidium etigoense</i> (Husezima et Maruhasi)			2.5					
<i>Criboelphidium frigidum</i> (Cushman)			2.5		4			
<i>Criboelphidium goesi cognatum</i> Polovova	16.7							1.5
<i>Discoislandiella umbonata</i> (Voloschinova)			17.5		4			
<i>Eggerella advena</i> Cushman	8.3	30.8						
<i>Elphidium advenum depressulum</i> Cushman	4.2							
<i>Elphidium excavatum</i> (Terquem)	4.2							
<i>Epistominella pacifica</i> (Cushman)								
<i>Glabratella opercularis</i> (d'Orbigny)			2.5					
<i>Islandiella japonica</i> (Asano et Nakamura)			5				63.6	9.1
<i>Karrerella sublitoralis</i> Saidova								1.5
<i>Lagena semilineata</i> Wright				0.9				
<i>Nonionella japonica</i> (Asano)							3.0	
<i>Nonionella pulchella</i> Hada							3.0	1.5
<i>Nonionellina labradorica</i> (Dawson)				1.7				
<i>Proteonella difflugiformis</i> (Brady)	4.2							
<i>Quinqueloculina interposita</i> Levthcuk sp. nov.	4.2							
<i>Quinqueloculina yezoensis</i> Asano	4.2							
<i>Retroelphidium subclavatum</i> (Gudina)2	12.5	11.5		6.1				3.0
<i>Retroelphidium subgranulosum</i> (Asano)			2.5		8			
<i>Rotaliammina moneronensis</i> K.Furssenko	4.2	3.8					3.0	
<i>Trifarina kokozuraensis</i> (Asano)				1.7	16	20	6.1	1.5
<i>Turrilina cunaschiriensis</i> K.Furssenko sp. nov.		3.8						
<i>Uvigerina auberiana</i> d'Orbigny							3.0	
<i>Uvigerina peregrina</i> Cushman			5	14.8	12	60	9.1	1.5
Число видов	14	9	14	10	8	3	9	12
Общая численность (на 30 г сух. осадка)	192	208	40	115	200	80	264	529

Criboelphidium frigidum, агглютинирующий вид *Alveolophragmium orbiculatum*. При общем невысоком обилии БФ (40 экз./30 г ос.) отмечается увеличение видового разнообразия (до 14 видов). Подобные комплексы формируются, как правило, в условиях активной гидродинамики с высокой продуктивностью поверхностных вод.

С увеличением глубины (т.о. 111, 108) меняются экоструктура комплексов и их количественные параметры. Общая численность фораминифер увеличивается до 115 экз./30 г ос. в т.о. 111 (глубина 92 м) и до 200 экз./30 г осадка в т.о. 108 (глубина 108 м), но видовой состав более беден (10 и 8 видов соответственно). Доминирующие позиции занимают *Cassidulina teretis*, *Cibicides lobatulus*, *Cibicides refulgens*, *Buccella morishimae*, *Uvigerina peregrina*. Появляются холодноводные инфунальные виды *Cassandra singularis*, *Nonionellina labradorica*, *Lagena semilineata*, встречающиеся на глубинах более 2000 м [16, 17, 21].

С глубины более 108 м осадки представлены хорошо сортированным зеленовато-серым крупнозернистым песком с небольшим количеством гравия, мелкой, средней и крупной хорошо окатанной галькой и изобилием битой толстостенной ракушки. Таксономический состав глубоководных сообществ БФ в точках отбора 105 (гл. 144 м), 102 (глубина 180 м) примерно соответствует ранее выделенным комплексам и представлен видами, характерными для условий внешнего шельфа-верхней батииали. Меняется процентное соотношение видов. Увеличивается доля *Uvigerina peregrina* (до 60 %), *Cibicides lobatulus* (до 20 %), *Islandiella japonica* (до 64 %), являющихся индикаторами высокой продуктивности поверхностных вод при активном гидрологическом режиме. Появление в субдоминантной группе представителей рода *Nonionella*, обитающих на глубинах более 1000 м, толерантных к диксидным условиям донной среды, также может указывать на высокую продуктивность вод.

Самая удаленная от берега точка отбора (т.о. 101) располагается на глубине 190 м. Ядро комплекса БФ составляют глубоководные виды, обитающие на глубинах от 100 до более 2000 м (*Cassandra singularis*, *Buccella morishimae*, *Cibicides lobatulus*, *Islandiella japonica*) (см. табл. 2). Состав аксессуарной группы довольно разнообразен. Встреченные виды имеют широкий ареал обитания по глубине (внутренний и внешний шельф). Однако появление эпифаунального вида *Karreriella sublitoralis*, обитающего на больших глубинах (внешний шельф-батиаля), является хорошим дополнительным показателем глубоководных условий формирования осадка [16, 17, 21, 22].

Заключение и выводы

Изучение состояния донных сообществ, ландшафтный мониторинг и оценка изменений окружающей среды являются важнейшими задачами, решаемыми при морских исследованиях. Пространственная структура подводных ландшафтов является результатом сложного комплекса факторов. Учет их влияния при ландшафтных исследованиях остается сложной задачей, поскольку эффект взаимодействия и характер пространственно-временной изменчивости таких параметров, как температура, соленость, скорость течения, содержание растворенного кислорода и др., еще недостаточно изучены [1]. Использование организмов (в данном случае бентосных фораминифер) как показателей определенных параметров среды является важной составной частью подобных исследований и позволяет проследить связь распределения и динамики бентических сообществ как с отдельными факторами среды, так и с их комплексом в целом. Особенностью изученных фораминиферовых сообществ является их расположение в зоне влияния Приморского течения. Характер гидродинамики влияет на распределение грунтов, температуры, солености, содержания кислорода и других физических показателей, а также на содержание питательных веществ, необходимых для существования организмов. От нее же зависит и степень мобильности субстрата, которая непосредственно воздействует на распределение

бентоса [25]. Экоструктурные изменения в изученных комплексах БФ (Профили I и II) хорошо прослеживаются эту взаимосвязь. На глубинах от 18 до 50 м в комплексах доминируют виды, обитающие в широком диапазоне глубин – от мелководных маршей и лагун (от 0 м) до открытых акваторий внутреннего шельфа (до 50–60 м) (представители родов *Elphidium*, *Cribroelphidium*, *Buccella*). В условиях внешнего шельфа-батиали эти виды встречаются редко. С увеличением глубины происходят изменения в видовом составе комплексов. Резко увеличивается содержание глубоководных видов, обитающих на глубинах от 50 до более 1000 м. Доминантную группу составляют представители родов *Uvigerina*, *Islandiella*, *Eggerella*, *Cibicides*, предпочитающие условия активной гидродинамики при стабильном поступлении на дно большого количества органического материала. Более ранние исследования микрофауны в этом районе показывают большое сходство комплексов БФ по доминантным видам, однако состав аксессуарных видов значительно отличается, что, вероятно, можно объяснить особенностями гидрологического режима [15, 16].

Литература

1. Жариков В.В. Развитие ландшафтного подхода к изучению подводных геосистем в Тихоокеанском институте географии // Тихоокеанская география. 2022. № 1. С. 5–17.
2. Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения (Управление морскими экосистемами). Владивосток: Дальнаука, 2000. 352 с.
3. Федоров В.В. Донные ландшафты шельфа юго-восточного Приморья (Японское море). Биологические ресурсы: Состояние, перспективы и проблемы их рационального использования // Биологические основы распределения промысловых и кормовых морских животных: Сб. науч. тр. М.: ВНИРО, 1991. С. 70–82.
4. Арзамасцев И.С., Преображенский Б.В. Атлас подводных ландшафтов Японского моря. М.: Наука, 1990. 224 с.
5. Jorissen F.J., De Stigter H.C., Widmark J.G.V. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats / F.J. Jorissen, H.C. de Stigter, J.G.V. Widmark // Marine Micropaleontology. 1995. Vol. 26, N 1–4. P. 3–15.
6. Преображенская Т.В., Преображенский Б.В., Тарасова Т.С. Фораминиферы в донных ландшафтах бухты Три Озера (Японское море) // Биология моря. 1996. Т. 22, № 1. С. 10–20.
7. Тарасова Т.С. Влияние среды на фауну бентосных фораминифер в прибрежных экосистемах // Биология моря. 2006. Т. 32, № 2. С. 85–94.
8. Разжигаева Н.Г. Осадконакопление в прибрежной зоне Японского моря в позднем плейстоцене – голоцене (северо-западный сектор). Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. 140 с.
9. Папунов В.Г. Донные природные комплексы верхнего шельфа Среднего Приморья. // Донные ландшафты Японского моря. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. С. 73–81.
10. Яблоков К.В., Моторин А.И. Особенности придонных течений прибрежной зоны северо-западной части Японского моря // Научные основы создания подводной автоматической добычи полезных ископаемых со дна морей и океанов: сб. науч. тр. М., 1975. С. 85–93.
11. Бессонов Р.С., Галаутдинова А.Р., Дубина В.А. Особенности динамики вод у восточного побережья Приморья // Научные труды Дальрыбвтуза. 2017. Т. 41.
12. Жабин И.А., Грамм-Осипова О.Л., Юрасов Г.И. Ветровой апвеллинг у северо-западного побережья Японского моря // Метеорология и гидрология. 1993. № 10. С. 82–86.
13. Никитин А.А., Цыпышева И.Л., Зуенко Ю.И., Басюк Е.О. Структура Приморского течения (Японское море) на спутниковых изображениях и стандартных разрезах // Известия ТИНРО. 2024. Т. 204, вып. 4. С. 843–865.
14. Зуенко Ю.И. Влияние приливного перемешивания на биопродуктивность дальневосточных морей в летний сезон // Океанологические основы биологической продуктивности северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО, 1992. С. 56–79.
15. Вопросы биогеографии и экологии фораминифер / отв. ред. А.В.Фурсенко/. Новосибирск: Наука, 1973. 224 с.
16. Фурсенко А.В., Троицкая Т.С., Левчук Л.К. и др. Фораминиферы дальневосточных морей СССР. Новосибирск: Наука, 1979. 399 с.
17. Саидова Х.М. Бентосные фораминиферы Тихого океана. М.: Институт океанологии имени П.П. Ширшова АН СССР, 1975. 881 с.
18. Yanli Lei, Tiegang Li. Atlas of Benthic Foraminifera from China Seas. The Bohai Sea and the Yellow Sea // Springer Geology. 2016. 399 p.
19. Foraminifera Database. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://foraminifera.eu/> (Дата обращения: 12.08.2025).

20. World Foraminifera Database. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.marinespecies.org/foraminifera/> (Дата обращения: 12.08.2025).
21. Murray J.W. Ecology and Applications of Benthic Foraminifera. Hardback: University of Southampton, 2006. 440 p.
22. Modern Foraminifera (Sen Gupta, B. K., ed.). Dordrecht: Kluwer, 1999. 371 p.
23. Binczewska A., Polovodova Asteman I., Farmer E.J. Foraminifers (Benthic) // Encyclopedia of Marine Geosciences. 2015. P. 1–8.
24. Иванова Е.Д., Жариков В.В., Лебедев А.М. Бентосные фораминиферы как индикаторы донной среды в прибрежной зоне залива Владимира (Среднее Приморье) // Успехи современного естествознания. 2024. № 12. С. 34–41.
25. Жариков В.В., Преображенский Б.В. Ландшафтный мониторинг бухты Алексея залива Петра Великого // Подводные исследования и робототехника. 2010. № 2 (10). С. 72–84.

Reference

1. Zharikov, V.V. Development of a landscape approach to the study of underwater geosystems at the Pacific Geographical Institute FEB RAS. *Pacific Geography*. 2022, (1), 5–17. (In Russian)
2. Preobrazhensky, B.V.; Zharikov, V.V.; Dubeikovskiy, L.V. Basics of Underwater Landscape Studies: (Management of Marine Ecosystems). Dalnauka: Vladivostok, Russia. 2000; 352 p. (In Russian)
3. Fedorov, V.V. Bottom landscapes of the shelf of the south-east Primorie (the Sea of Japan). Biological resources: the state, prospects and problems of their rational exploitation. In *Biogenic basis of the distribution of commercial and food marine animals: Collected papers*. Moscow: VNIRO, Russia. 1991, 70 - 82. (In Russian)
4. Arzamastsev, I.S.; Preobrazhensky, B.V. Atlas of underwater landscapes of Sea of Japan. Nauka: Moscow, Russia, 1990; 224 p. (In Russian)
5. Jorissen, F.J.; De Stigter, H.C.; Widmark, J.G.V. A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats. *Marine Micropaleontology*. 1995, 26(1-4), 3–15.
6. Preobrazhenskaya, N.V.; Preobrazhenskii, B.V.; Tarasova, T.S. Foraminifera in the bottom landscapes of Tri Ozera Bay (Sea of Japan). *Russian Journal of Marine Biology*. 1996, 22(1), 10-20. (In Russian)
7. Tarasova, T.S. Environmental impacts on the benthic foraminiferal fauna in nearshore ecosystems. *Russian Journal of Marine Biology*. 2006, 32(2), 85-94. (In Russian)
8. Razjigaeva, N.G. Sedimentation in the coastal zone of the Sea of Japan in the late Pleistocene - Holocene (northwestern sector). Far Eastern Branch of the Academy of Sciences of the USSR: Vladivostok, Russia, 1990; 140 p. (In Russian)
9. Papunov, V.G. Bottom natural complexes of the Middle Primorye upper shelf. In *Bottom landscapes of the Sea of Japan*. Far Eastern Branch of the Academy of Sciences of the USSR: Vladivostok, Russia. 1987, 73-81. (In Russian)
10. Yablokov, K.V.; Motorin, A.I. The bottom currents features in the coastal zone of the northwestern part of the Sea of Japan. In *Scientific foundations for the creation of underwater automatic extraction of minerals from the bottom of the seas and oceans*. Moscow, Russia. 1975, 85-93. (In Russian)
11. Bessonov, R.S.; Galautdinova, A.R.; Dubina, V.A. Features of the water dynamics near eastern Primorye coast. *Scientific of DALRYBVTUZ Journal*. 2017, 41, 5-10. (in Russian)
12. Zhabin, I.A.; Gramm-Osipova, O.L.; Yurasov, G.I. Wind upwelling near the northwestern coast of the Sea of Japan. *Meteorology and Hydrology*. 1993, 10, 82–86. (In Russian)
13. Nikitin, A.A.; Tsypysheva, I.L.; Zuenko, Yu.I.; Zuenko, Yu.I. Structure of the Primorye Current (Japan Sea) on satellite images and standard sections. *Izvestiya TINRO*. 2024, 204(4), 843-865. (In Russian)
14. Zuenko, Yu.I. The tidal mixing influence on the bioproductivity of the Far Eastern seas in the summer season. In *Oceanological foundations of biological productivity of the northwestern part of the Pacific Ocean*. Publishing House of TINRO: Vladivostok, Russia. 1992, 56–79. (In Russian)
15. Problems of foraminifera's biogeography and ecology (Responsible editor A.W.Furssenko). Nauka: Novosibirsk, Russia, 1973; 224 p. (In Russian)
16. Furssenko, A.W.; Troitskaja, T.S.; Levchuk, L.K. et al. Foraminifera of the Far Eastern Seas. Nauka: Novosibirsk, Russia, 1979; 399 p. (In Russian)
17. Saidova, Kh.M. Benthic foraminifera of the Pacific Ocean. Institute of Oceanology named after P.P. Shirshov Academy of Sciences of the USSR: Moscow, Russia, 1975; 881 p. (In Russian)
18. Yanli, Lei; Tiegang, Li. Atlas of Benthic Foraminifera from China Seas. The Bohai Sea and the Yellow Sea. *Springer Geology*. 2016; 399 p.
19. Foraminifera Database. Available online: <https://foraminifera.eu/>. (accessed on 12 August 2025).
20. World Foraminifera Database. Available online: <https://www.marinespecies.org/foraminifera/>. (accessed on 12 August 2025).
21. Murray, J. Ecology and application of benthic foraminifera. Cambridge University Press: New York, USA. 2006; 426 p.
22. Modern Foraminifera. Ed. by Sen Gupta B.K. Dordrecht: Kluwer, 1999; 371 p.

23. Binczewska, A.; Polovodova, Asteman I.; Farmer, E.J. Foraminifers (Benthic). In *Encyclopedia of Marine Geosciences*. 2015, 1-8.
24. Ivanova, E.D.; Zharikov, V.V.; Lebedev, A.M. Benthic foraminifera as indicators of bottom environment in the coastal zone of Vladimir Bay (Middle Primorye). *Advances in current natural sciences*. 2024, 12, 34-41. (In Russian)
25. Zharikov, V.V.; Preobrazhensky, B.V. Landscape monitoring of the Alekseev Bay of Peter the Great Gulf. *Underwater research and robotics*. 2010, 2(10), 72-84. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 26.08.2025; одобрена после рецензирования 20.11.25; принята к публикации 10.12.2025.

The article was submitted 26.08.2025; approved after reviewing 20.11.2025; accepted for publication 10.12.2025.

