

УДК 574.5 (282.05 + 289)

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ И ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ МАКРО- И ПСЕВДОМЕЙОБЕНТОСА В ЛАГУННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ КУТОВОЙ ОБЛАСТИ КИСЛОЙ ГУБЫ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ)

А. П. Столяров

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (Ленинские горы, 1, Москва, Россия, 119234)

Проанализирована видовая и пространственная структура сообщества макро-бентоса и псевдомейобентоса в двух лагунных экосистемах в районе губы Кислой (Кандалакшский залив, Белое море). Всего в исследованных лагунных экосистемах обнаружено 39 видов макробентоса, 13 видов псевдомейобентосных организмов и 10 видов морских трав и водорослей. В лагуне, расположенной рядом с Ершовским озером, встречено больше солоноватоводных и морских эвригалинных видов зообентоса, а в более открытой к морю лагуне обнаружено больше морских менее эвригалинных видов макробентоса. Общие показатели структуры сообщества макро- и псевдомейобентоса (общая плотность и биомасса) на литорали были выше в лагуне, расположенной возле Ершовского озера, что объясняется большим заилинием, меньшим воздействием прилива и течений и, как следствие, более благоприятными условиями для развития многочисленных солоноватоводных и морских эвригалинных видов макро- и псевдомейобентоса в этом районе. Проведенный статистический анализ показал, что наиболее сильные отличия в видовом составе, плотности и биомассе сообщества макро- и псевдомейобентоса наблюдались между верхней литоралью и нижележащими горизонтами литорали (нижняя и средняя литораль). При этом сообщество псевдомейобентоса было более интегрированным по сравнению с макробентосом из-за распространения ювенильных стадий *Tubificoides benedii*, *Macoma balthica*, *Peringia ulvae* по всей литорали.

Ключевые слова: лагунные экосистемы; макро- и псевдомейобентос; видовое разнообразие; пространственная структура; Белое море

Для цитирования: Столяров А. П. Особенности пространственной и видовой структуры макро- и псевдомейобентоса в лагунных экосистемах ктовой области Кислой губы (Кандалакшский залив, Белое море) // Труды Карельского научного центра РАН. 2024. № 8. С. 60–72. doi: 10.17076/eco1938

A. P. Stolyarov. FEATURES OF THE SPATIAL AND SPECIES STRUCTURE OF MACRO- AND PSEUDOMEIOBENTHOS IN LAGOON ECOSYSTEMS OF KISLAYA BAY HEAD (GULF OF KANDALAKSHA, WHITE SEA)

Lomonosov Moscow State University (1 Leninskiye Gory, 119234 Moscow, Russia)

The species and spatial structure of the macrobenthos and pseudomeiobenthos communities in two lagoon ecosystems in Kislaya Bay area (Gulf of Kandalaksha, White Sea) is analyzed. All in all, 39 species of macrobenthos, 13 species of pseudomeiobenthos organisms and 10 species of seagrasses and algae were found in the surveyed lagoon ecosystems. The lagoon located near Lake Ershovskoye contained more of brackish-water and marine euryhaline species of zoobenthos, whereas the more open lagoon had more of marine, less euryhaline macrobenthos species. The general indices of the macro- and pseudomeiobenthos community structure (total density and biomass) in the littoral zone were higher in the lagoon located near Lake Ershovskoye, which is explained by its greater siltation, lower impact of tides and currents in the lagoon, and hence more favorable conditions for development of numerous brackish-water and marine euryhaline macro- and pseudomeiobenthos species in the area. Statistical analysis showed that the strongest differences in the species composition, density and biomass of the macro- and pseudomeiobenthos community were observed between the upper-littoral and the lower-lying (lower- and mid-littoral) subzones. At the same time, the pseudomeiobenthos community was more integrated compared to macrobenthos due to the spread of juvenile stages of *Tubificoides benedii*, *Macoma balthica*, *Peringia ulvae* throughout the littoral zone.

Keywords: lagoon ecosystems; macro- and pseudomeiobenthos; species diversity; spatial structure; White Sea

For citation: Stolyarov A. P. Features of the spatial and species structure of macro- and pseudomeiobenthos in lagoon ecosystems of Kislaya Bay head (Gulf of Kandalaksha, White Sea). *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2024. No. 8. P. 60–72. doi: 10.17076/eco1938

Введение

Прибрежные лагунные экосистемы вследствие своего положения на границе моря и суши, как правило, являются мелководными, транзитными и неустойчивыми [Kennish, Paerl, 2010; Lefrere et al., 2015; Столяров, 2017; Fouad et al., 2019; Boutoumit et al., 2021]. Они сильно зависят от изменений пресноводного стока, интенсивности штормовых явлений, скорости осадконакопления, органического и химического загрязнения и др. [Бурковский, 2006; Khlebovich, 2015; Комплексные..., 2016; Labay et al., 2016; Столяров, 2017; Fouad et al., 2019; Stolyarov, 2020, 2023; Boutoumit et al., 2021; Лабай и др., 2022].

Макробентос является важным компонентом и достаточно надежным индикатором состояния лагунных экосистем [Fouad et al., 2019; Gravina et al., 2020; Llanos et al., 2020; Boutoumit et al., 2021; Giampaolletti et al., 2023]. Макробентос играет важную роль в переработке донных отложений, рециркуляции питательных веществ, разложении органического вещества в осадке, а также в пищевых сетях [Lefrere et al., 2015; Desrosiers et al., 2019]. Поэтому изучение видовой и пространственной структуры

макробентоса и их личинок (псевдомейобентос) в двух лагунах, различающихся открытостью к морскому бассейну, является актуальным и может способствовать более глубокому пониманию формирования, функционирования и устойчивости этих уникальных экосистем. Ранее мы рассматривали особенности видовой и пространственной структуры макро- и мейобентоса в одной из лагунных экосистем Белого моря [Столяров, 2022]. В настоящей работе основной целью было изучение видовой и пространственной структуры макро- и псевдомейобентоса в двух лагунах, различающихся открытостью к морскому бассейну.

Материалы и методы

Исследование проводили в двух прибрежных экосистемах лагунного типа летом 2016–2018 гг. в районе губы Кислая недалеко от ББС МГУ (рис. 1). Пробы макробентоса традиционно отбирали на шести постоянных разрезах, расположенных последовательно вдоль лагун в направлении от кутового района к морю по мере увеличения солености воды (рис. 1). Каждый разрез включал станции верхней, средней, нижней литорали и сублиторали.

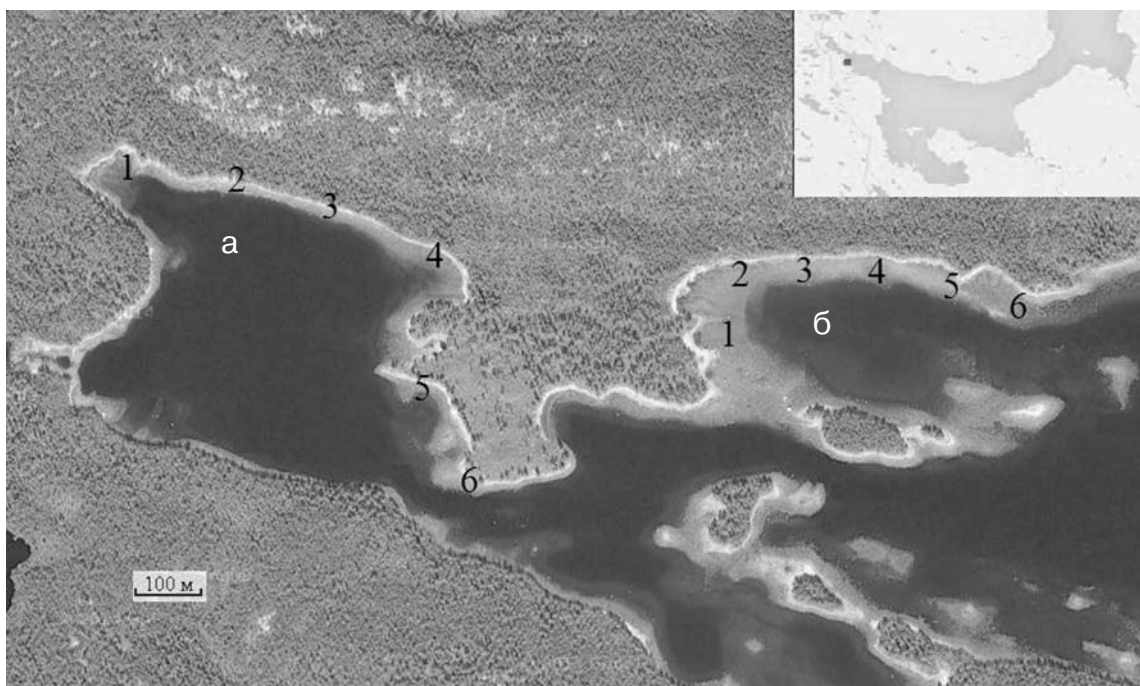


Рис. 1. Карта-схема лагунных экосистем кутовой области Кислой губы, а также расположение разрезов (1–6). На каждом разрезе брались пробы в нижней, средней, верхней литорали (для макро- и псевдомейобентоса) и в сублиторали (только для макробентоса)

Fig. 1. A schematic map of the study area, as well as the location of the sections (1–6). At each section, samples were taken at three stations: in the lower, middle, upper littoral (for macro- and pseudomeiobenthos) and in the sublittoral (only for macrobenthos)

В лагуне, расположенной в самом куту Кислой губы возле Ершовского озера (рис. 1, а), пробы отбирали с 18 литоральных и 7 сублиторальных станций, а в небольшой лагуне на выходе из кутовой области (рис. 1, б) – с 18 и 8 соответственно.

В приливно-отливной полосе на каждой станции брали по два вида проб – рамками 12,5×12,5 и 25×25 см. Мелкие организмы, такие как *Peringia ulvae*, мелкие полихеты и олигохеты, собирали на участке 12,5×12,5 см общей площадью 1/64 м² до глубины 8–10 см. Организмы средних размеров учитывали под рамкой 25×25 см общей площадью 1/16 м² до глубины залегания плотной безжизненной глины (20–35 см). Крупных беспозвоночных, глубоко зарывающихся в грунт (*Arenicola marina* и *Mya arenaria*), учитывали по норкам на площади 1 м² и путем выкапывания пробных экземпляров. На нижней литорали (а иногда и на средней) к стандартному пробоотбору добавлялся отбор в скоплениях *Mytilus edulis*. Дополнительно определяли проективное покрытие пляжа скоплениями мидии. Грунт, взятый с площади 1/64 и 1/16 м², аккуратно промывали и просеивали на сите с ячейей 0,5 и 1 мм соответственно.

Сублиторальный макробентос отбирали с помощью дночерпателя Экмана – Берджи с

площадью захвата 0,025 м². Грунт промывали на сите с ячейей 1 мм.

Пробы просматривали прижизненно в лаборатории. Для расчета биомассы определяли сырой вес организмов.

Псевдомейобентос отбирали на пяти постоянных разрезах в кутовой лагуне возле Ершовского озера (1, 3–6) и в лагуне на выходе из кутовой области Кислой губы (2–6) (рис. 1). Каждый разрез представлял собой три станции, соответствующие трем горизонтам литорали: нижнему, среднему и верхнему. На каждой станции было отобрано по 5 проб под общей площадью 5 см² на глубину 5 см. Полученные пробы грунта фиксировали 4% раствором формальдегида в фильтрованной морской воде. Дальнейшую обработку материала проводили в лаборатории по стандартной методике, принятой для псевдомейобентоса, с использованием сита с диаметром ячеей 70 мкм [Мокиевский, 2009]. При этом просматривали и осадок на фильтре, и профильтрованную через газ взмученную воду. Биомассу псевдомейобентоса пересчитывали исходя из размеров и средней индивидуальной массы представителя каждой группы [Численко, 1968; Удалов и др., 2004; Столяров, Бурковский, 2008; Мокиевский, 2009].

Параллельно со сбором гидробиологического материала измеряли важнейшие параметры среды: соленость (с помощью кондуктометра) на малой (конец отлива – начало прилива) и полной (конец прилива – начало отлива) воде, характер грунта (просеиванием через ряд последовательных сит с размером ячеек 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм), pH и Eh среды, а также глубину в сублиторали с помощью маркированного конца с якорем.

Для каждой станции были получены значения плотности и биомассы видовых популяций, а также посчитаны индексы видового разнообразия Шеннона [Shannon, 1948].

Для оценки сходства сообществ, формирующихся на разных станциях (количественные данные), применяли кластерный анализ методом среднего присоединения, построенный на основе матриц сходства Пианки [Pianka, 1974]:

$$a_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^S P_{ik} \times P_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^S P_{ik}^2 \times P_{jk}^2}},$$

где P_{ik} , P_{jk} – доля k -го вида для станций i и j , S – число видов.

Этот индекс малочувствителен к различиям по редким признакам, что позволяет нивелировать влияние «хвоста» случайных видов.

При проведении кластерного анализа по качественному составу макрозообентоса применялся индекс сходства Сьеренсена [Sørensen, 1948]:

$$K = 2c / (a + b),$$

где c – число общих видов для сообществ X и Y , a и b – число видов, обнаруженных в сообществе X и Y соответственно.

Для выбора приемлемой степени дробности полученных кластеров учитывался критерий значимого сходства, который рассчитывается как верхняя 95% доверительная граница среднего сходства.

Статистический анализ данных проведен с помощью пакетов прикладных программ PAST v. 3.24 [Hammer et al., 2001] и MS Excel 2010.

Результаты и обсуждение

Абиотические факторы и характеристика района исследования. Лагунные экосистемы губы Кислая расположены в ее кутовой области в 2,5 км от БС МГУ и отделены от основного бассейна порогами (рис. 1). Первая лагуна (более открытая к морю) расположена в начале порогов и, собственно, ограничена этими порогами от основной акватории,

вторая лагуна расположена в самом куту губы и ограничена своими порогами (рис. 1). Она связана с Ершовским озером узкой перемычкой, что оказывает влияние на солевой режим данного водоема (рис. 1). Изученные экосистемы были примерно одинакового размера (500–600 м) и характеризовались небольшими глубинами (3–5 м). Приливно-отливная полоса лагун несколько различалась – в лагуне рядом с Ершовским озером она была менее широкой с преобладанием песчанисто-илистых и илисто-песчанистых осадков, а в лагуне на выходе из кутовой области Кислой губы характеризовалась в основном мелкозернистыми илистыми песками. Сублитораль лагун представлена в основном песчанистыми илами и илами. Соленость придонной воды в лагунах в период взятия проб (июль–август) была относительно высокой (22–25 ‰), за исключением района кутовой лагуны, примыкающей к Ершовскому озеру, где она снижалась до 15–19 ‰.

Видовой состав и разнообразие сообщества. Всего за исследованный период обнаружено 39 видов беспозвоночных животных, включая их личинок (13 видов), и 10 видов морских трав и водорослей (табл. 1). При этом наибольшего видового разнообразия достигали полихеты (15 видов), моллюски (10 видов) и ракообразные (4 вида), меньше встречено морских звезд (1 вид) и асцидий (1 вид). Заметную роль в сообществе зообентоса играли солоноватоводные олигохеты (2 вида) и хирономиды (3 вида), что свидетельствует о некотором опреснении изучаемых лагун (табл. 1). Надо отметить меньшее развитие солоноватоводной фауны (меньше хирономид и олигохет) и большее распространение морских видов в открытой лагуне. Морские водоросли (*Fucus vesiculosus*, *Cladophora sericea*) и морская трава *Zostera marina* преимущественное развитие получали в нижнем горизонте литорали. Солончаковые растения (*Juncus atrofuscus*, *Salicornia pojarkovae*, *Triglochin maritima*, *Ruppia maritima*, *Puccinellia maritima*) произрастали в основном в верхней литорали и солёном марше. В кутовой лагуне, примыкающей к Ершовскому озеру, наблюдалось большее распространение солончаковых растений и *Z. marina* (табл. 1).

В лагуне, расположенной рядом с Ершовским озером, обнаружено 18 видов зообентоса в сублиторали и 20 видов на литорали (всего 29 видов зообентосных организмов), а в лагуне, расположенной на выходе из кутового района Кислой губы, – 21 вид в сублиторали и столько же (21) на литорали (всего 32 вида), т. е. в лагуне, расположенной рядом с Ершовским озером, число видов в сублиторали было

Таблица 1. Список видов макробентоса, встреченных в бентали лагун кутового района Кислой губы
Table 1. List of macrobenthos species found in the benthal of the lagoons of the Kislaya Bay head

Макробентос Macrobenthos	Лагуна кутовой области возле Ершовского озера Lagoon of the bay head near Lake Ershovskoye				Лагуна на выходе из кутовой области Кислой губы Lagoon at the exit from the Kislaya Bay head			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Зообентос / Zoobenthos:								
кл./cl. Polychaeta								
1. <i>Harmothoe imbricata</i> (Linnaeus)	-	-	-	-	+	-	-	-
2. <i>Nereimyra punctata</i> (Müller)	+	-	-	-	+	+	-	-
3. <i>Pygospio elegans</i> Claparede*	-	+	+	-	+	-	+	-
4. <i>Scoloplos armiger</i> (O. F. Müller)*	+	+	+	-	+	+	+	-
5. <i>Arenicola marina</i> (Linnaeus)	-	+	+	-	-	+	+	-
6. <i>Alitta virens</i> M. Sars*	-	-	+	-	-	-	-	-
7. <i>Eteone longa</i> (Fabricius)	-	+	+	-	-	-	-	-
8. <i>Fabricia sabella</i> (Ehrenberg)*	-	-	+	-	-	-	-	-
9. <i>Micronephthys minuta</i> (Theel)	+	-	-	-	+	+	-	-
10. <i>Terebellides stroemi</i> Sars*	+	-	-	-	+	-	-	-
11. <i>Pectinaria koreni</i> (Malmgren)	+	-	-	-	+	+	-	-
12. <i>Phyllodoce maculata</i> (Linnaeus)	+	-	-	-	+	-	-	-
13. <i>Ph. citrina</i> Malmgren	-	-	-	-	+	-	-	-
14. <i>Pholoe assimilis</i> Örsted	-	-	-	-	+	-	-	-
15. <i>Sabellides octocirrata</i> (M. Sars)	-	-	-	-	+	-	-	-
кл./cl. Enteropneusta								
16. <i>Saccoglossus mereschkowskii</i> Wagner	+	-	-	-	-	-	-	-
кл./cl. Oligochaeta								
17. <i>Paranais litoralis</i> (Müller)	-	-	+	+	-	-	-	+
18. <i>Tubificoides benedii</i> (d'Udekem)*	-	+	+	+	+	+	+	-
кл./cl. Gastropoda								
19. <i>Littorina littorea</i> (Linnaeus)	-	+	+	+	+	+	+	+
20. <i>L. saxatilis</i> (Oliv)*	-	+	+	+	-	-	+	+
21. <i>L. obtusata</i> (Linnaeus)	-	+	+	-	-	-	+	+
22. <i>Peringia ulvae</i> (Pennant)*	+	+	+	+	+	+	+	+
23. <i>Cylichna alba</i> (Brown)	+	-	-	-	-	-	-	-
24. <i>Cryptonatica affinis</i> (Gmelin)	-	-	-	-	+	-	-	-
кл./cl. Bivalvia								
25. <i>Mytilus edulis</i> Linnaeus*	+	+	+	+	-	+	+	+
26. <i>Macoma balthica</i> (Linnaeus)*	+	+	+	+	+	+	+	+
27. <i>Mya arenaria</i> Linnaeus*	+	+	+	-	-	+	+	-
28. <i>Astarte montagui</i> (Dillwyn)	+	-	-	-	-	-	-	-
кл./cl. Crustacea								
29. <i>Jaera albifrons</i> Leach*	-	+	-	-	-	+	+	-
30. <i>Gammarus duebeni</i> Lilljeborg	-	-	-	+	-	-	+	-
31. <i>Pontoporeia femorata</i> Krøyer	+	-	-	-	+	-	-	-
32. <i>Caprella linearis</i> (Linnaeus)	-	-	-	-	+	-	-	-
кл./cl. Asteroidea								
33. <i>Asterias rubens</i> Linnaeus	-	+	-	-	+	+	-	-
кл./cl. Ascidiacea								
34. <i>Molgula griffithsii</i> (MacLeay)	-	-	-	-	+	-	-	-
кл./cl. Insecta								
35. <i>Chironomus salinarius</i> Kieffer*	-	+	+	-	-	+	-	-
36. <i>Cladotanytarsus mancus</i> Walker	+	+	+	-	-	+	+	-
37. <i>Orthocladius saxicola</i> Kieffer	+	-	-	-	-	-	-	-
тип/phylum Nemertini								
38. <i>Amphiporus lactifloreus</i> (Johnston)	+	+	-	-	+	-	-	+
39. <i>Lineus gesserensis</i> (O. F. Müller)	+	+	+	-	-	-	-	-

Окончание табл. 1
Table 1 (continued)

Макробентос Macrobenthos	Лагуна кутовой области возле Ершовского озера Lagoon of the bay head near Lake Ershovskoye				Лагуна на выходе из кутовой области Кислой губы Lagoon at the exit from the Kislaya Bay head			
Макрофиты (морские травы и водоросли) Macrophytes (sea grasses and algae):	1	2	3	4	1	2	3	4
1. <i>Zostera marina</i> Linnaeus	+	+	+	-	+	+	+	-
2. <i>Cladophora sericea</i> (Hudson) Kützing	+	+	+	+	-	+	+	+
3. <i>Fucus vesiculosus</i> Linnaeus	+	+	-	+	+	-	+	+
4. <i>Juncus atrofuscus</i> Rupr.	-	-	-	+	-	-	-	+
5. <i>Glaux maritima</i> Linnaeus	-	-	-	-	-	-	-	+
6. <i>Aster tripolium</i> Linnaeus	-	+	+	-	-	-	-	+
7. <i>Salicornia pojarkovae</i> N. Semenova	-	-	-	+	-	-	-	-
8. <i>Triglochin maritima</i> Linnaeus	-	-	-	+	-	-	-	+
9. <i>Ruppia maritima</i> Linnaeus	-	-	+	+	-	-	-	-
10. <i>Puccinellia maritima</i> (Hudson) Parl.	-	-	-	+	-	-	-	-

Примечание. «+» – наличие вида, «-» – вид не найден. 1 – сублитораль, 2 – нижняя литораль, 3 – средняя литораль, 4 – верхняя литораль. * – обнаружены ювенильные стадии развития зообентоса (псевдомейобентос).

Note. «+» – species has been registered; «-» – species not found. 1 – sublittoral, 2 – lower littoral, 3 – middle littoral, 4 – upper littoral. * – juvenile stages of development (pseudomeiobenthos) have been detected.

немного меньше, что, вероятно, связано с ее большим опреснением (табл. 1).

Изменения общих показателей структуры сообщества макробентоса происходили в основном в вертикальном направлении относительно приливного уровня. В исследуемых лагунах видовое разнообразие, общая плотность и общая биомасса макробентоса преимущественно увеличивались от верхней литорали к средней и нижней и немного снижались к сублиторали (табл. 2). Снижение общих показателей структуры сообщества в сублиторали лагун (особенно характерное для кутовой лагуны) вызвано значительным заилением бентали и уменьшением плотности популяций или отсутствием видов, характерных для нижней и средней литорали (табл. 1, 2). В сублиторали кутовой лагуны доминировал комплекс менее многочисленных и в основном менее эвригалинных видов макробентоса *Macoma balthica*, *Nereimyra punctatata*, *Micronephthys minuta*, *Pontoporeia femorata*, *Pectinaria koreni*, *Terebellides stroemi*, *Saccoglossus mereschowskii*. В нижней и средней литорали преобладали эвригалинные виды зообентоса *M. edulis*, *Littorina littorea*, *L. saxatilis*, *M. arenaria*, *Peringia ulvae*, *Macoma balthica*, *A. marina*, *Tubificoides benedii*. Сообщества макробентоса верхней литорали были представлены в основном мелкими эвритопными видами – брюхоногими моллюсками *P. ulvae*, олигохетами *Paranais litoralis* и *T. benedii* и в меньшей степени брюхоногими моллюсками *L. saxatilis* (табл. 1 и 2).

В лагунах, расположенной на выходе из кутовой области Кислой губы, в сублиторали преобладал примерно тот же комплекс видов, что и в предыдущей лагуне, – *M. balthica*, *L. littorea*, *Scoloplos armiger*, *Nereimyra punctata*, *Micronephthys minuta*, *T. stroemi*, *P. femorata*, *Phyllodoce maculata*, *Harmothoe imbricata*, однако больше было встречено морских менее эвригалинных видов – *P. koreni*, *Cryptonatica affinis*, *Molgula griffithsii*, *Asterias rubens*. В нижней и средней литорали доминировали *M. balthica*, *L. littorea*, *P. ulvae*, *M. arenaria*, *A. marina*, *A. rubens* и меньше – *M. edulis*. В верхней литорали, которая была не так сильно заилена, как в предыдущей лагуне, доминировали брюхоногие моллюски *L. saxatilis*, меньше было встречено мелких олигохет и брюхоногих моллюсков *P. ulvae*, характерных для илистой литорали кутовой лагуны.

Таким образом, наименьшими видовым разнообразием, общей плотностью и биомассой характеризуются сообщества макробентоса верхней литорали из-за значительного ее осушения и опреснения.

Кроме того, надо отметить, что в кутовой лагуне общие показатели плотности и биомассы макробентоса в приливно-отливной полосе (в верхней, средней и нижней литорали) были выше, чем в открытой лагуне, а в сублиторали, напротив, ниже, что связано с преобладанием на литорали солоноватоводных и морских эвригалинных видов макробентоса – *T. benedii*, *P. ulvae*, *M. balthica*, *M. edulis*, *L. saxatilis*, *M. arenaria* (больше

Таблица 2. Общие показатели структуры сообщества макрозообентоса в различных лагунных экосистемах Белого моря (Кандалакшский залив)

Table 2. General indices of the structure of the macrozoobenthos community in various lagoon ecosystems of the White Sea (Kandalaksha Bay)

Интегральные показатели структуры сообщества Integral indices of community structure	Районы исследования Study areas	
Лагуна кутовой области Кислой губы рядом с Ершовским озером Lagoon of the bayhead near Lake Ershovskoye		
	Сублитораль Sublittoral	Нижняя литораль Lower littoral
<i>S</i>	5,2 ± 0,8	8,5 ± 0,7
<i>N</i> , экз./м² <i>N</i> , ind./m²	1046 ± 282	16309 ± 2313
<i>B</i> , г/м² <i>B</i> , g/m²	64 ± 21	1176 ± 379
<i>H_N</i>	1,8 ± 0,3	1,0 ± 0,2
	Средняя литораль Middle littoral	Верхняя литораль Upper littoral
<i>S</i>	7,7 ± 1,0	2,5 ± 0,7
<i>N</i> , экз./м² <i>N</i> , ind./m²	17113 ± 3019	4135 ± 2227
<i>B</i> , г/м² <i>B</i> , g/m²	277 ± 48	42 ± 19
<i>H_N</i>	0,74 ± 0,12	0,5 ± 0,2
Лагуна, расположенная на выходе из кутовой области Кислой губы Lagoon at the exit from the Kislaya Bay head		
	Сублитораль Sublittoral	Нижняя литораль Lower littoral
<i>S</i>	8,5 ± 09	8,8 ± 0,3
<i>N</i> , экз./м² <i>N</i> , ind./m²	2450 ± 359	9526 ± 4294
<i>B</i> , г/м² <i>B</i> , g/m²	127 ± 26	113 ± 14
<i>H_N</i>	2,1 ± 0,2	1,6 ± 0,4
	Средняя литораль Middle littoral	Верхняя литораль Upper littoral
<i>S</i>	8,3 ± 0,9	3,2 ± 0,6
<i>N</i> , экз./м² <i>N</i> , ind./m²	11275 ± 2412	1547 ± 650
<i>B</i> , г/м² <i>B</i> , g/m²	156 ± 27	34 ± 10
<i>H_N</i>	0,9 ± 0,2	0,9 ± 0,2

Примечание. Здесь и в табл. 3: *S* – число видов, *N* – общая плотность, *B* – общая биомасса, *H_N* – индекс Шеннона по плотности популяций. «±» – стандартная ошибка.

Note. Here and in Table 3: *S* – number of species, *N* – total density, *B* – total biomass, *H_N* – Shannon index for population density. «±» – standard error.

в кутовой лагуне), а в сублиторали – в основном морских менее эвригалинных беспозвоночных животных – *M. balthica*, *N. punctata*, *M. minuta*, *T. stroemi*, *Ph. maculata*, *P. femorata*, *Harmothoe imbricata*, *P. koreni*, *C. affinis*, *M. griffithsii*, *A. rubens* (больше в открытой лагуне) (табл. 2).

Структура сообщества псевдомейобентоса. Всего было обнаружено 13 видов личинок беспозвоночных: 10 видов в кутовой лагуне

и 12 видов в лагуне на выходе из кутового района Кислой губы (табл. 1). Общая плотность и биомасса личинок беспозвоночных животных в кутовой лагуне были более высокими в средней литорали, немного ниже в нижней и существенно ниже (в 2 раза) – в верхнем горизонте приливно-отливной полосы при доминировании в верхней литорали ювенильных стадий *T. benedii*, *M. balthica*, а в средней и нижней – *M. balthica*, *P. ulvae*, *T. benedii*, *M. edulis* (табл. 3).

Таблица 3. Общие показатели структуры псевдомейобентосного сообщества в различных лагунных экосистемах Белого моря (Кандалакшский залив)

Table 3. General indices of the structure of the pseudomeiobenthos community in various lagoon ecosystems of the White Sea (Kandalaksha Bay)

Интегральные показатели структуры сообщества Integral indices of community structure	Районы исследования Study areas	
Лагуна кутовой области Кислой губы рядом с Ершовским озером Lagoon of the bayhead near Lake Ershovskoye		
	Нижняя литораль Lower littoral	Средняя литораль Middle littoral
S	3,6 ± 0,4	3,8 ± 0,7
N, экз./м² N, ind./m²	32800 ± 10556	51200 ± 16193
B, г/м² B, g/m²	4,02 ± 1,3	4,98 ± 2,3
	Верхняя литораль Upper littoral	
S	2,4 ± 0,6	
N, экз./м² N, ind./m²	29200 ± 4176	
B, г/м² B, g/m²	2,2 ± 1,0	
Лагуна, расположенная на выходе из кутовой области Кислой губы Lagoon at the exit from the Kislaya Bay head		
	Нижняя литораль Lower littoral	Средняя литораль Middle littoral
S	3,0 ± 0,5	2,6 ± 0,2
N, экз./м² N, ind./m²	18000 ± 3162	19200 ± 4454
B, г/м² B, g/m²	2,04 ± 0,6	1,95 ± 0,36
	Верхняя литораль Upper littoral	
S	2,0 ± 0,5	
N, экз./м² N, ind./m²	17600 ± 2040	
B, г/м² B, g/m²	0,85 ± 0,44	

При этом по плотности популяций доминировали олигохеты *T. benedii*, а по биомассе – *P. ulvae*, *M. balthica*, *M. edulis*.

В лагуне на выходе из кутового района губы Кислая общая плотность псевдомейобентоса была выше в средней литорали (как и в кутовой лагуне) и несколько ниже в нижней и верхней литорали. Показатели же общей биомассы были существенно меньше в верхней литорали и выше в средней и нижней (в 2 раза) литорали (табл. 3). Это объясняется распространением мелких олигохет *T. benedii* и хирономид *Chironomus salinarius* в верхней литорали (также там встречались *P. ulvae* и *M. balthica*) и доминированием в средних и нижних горизонтах литорали ювенильных стадий развития *M. balthica*, *M. arenaria*, *T. stroemi*, *S. armiger*, *P. ulvae* с более высокой индивидуальной массой организмов.

Таким образом, наибольшая плотность и биомасса сообщества псевдомейобентоса в обеих лагунах наблюдалась в основном в средней и нижней литорали, т. е. большинство личиночных стадий развития беспозвоночных животных были приближены к популяциям взрослых организмов.

Также отметим, что биомасса и плотность псевдомейобентоса были выше в лагуне, расположенной в кутовой области возле Ершовского озера (в основном за счет ювенильных стадий развития *T. benedii*, *M. balthica*, *P. ulvae*), что объясняется большим заилением, меньшим воздействием прилива и течений в кутовой лагуне и, как следствие, более благоприятными условиями для развития личинок беспозвоночных животных в этом районе (табл. 3).

Пространственная структура сообщества (сходство станций). При анализе сходства станций в кутовой лагуне рядом с Ершовским озером по качественному составу макрофитозообентоса обнаружилось отличие сообществ макробентоса разных горизонтов литорали – верхнего (ст. 20–23), среднего и нижнего горизонтов (ст. 8–16) и сублиторали (ст. 3–6, 1, 5, 2) друг от друга (рис. 2). В лагуне на выходе из кутового района Кислой губы на уровне значимого сходства также можно выделить сообщества верхнего горизонта литорали (ст. 21–26), среднего и нижнего горизонтов (ст. 9–15) и сублиторали (ст. 6–5) (рис. 3).

В сублиторали доминировали в основном менее эвригалинные виды макробентоса (*N. punctata*, *M. minuta*, *P. femorata*, *P. koreni*, *T. stroemi*, *S. mereschkowskii*, *C. affinis*, *M. griffithsii*), которые были менее сходны с литоральными сообществами макробентоса. Литоральный макробентос характеризовался меньшим видовым разнообразием и преобладанием

комплекса эвригалинных видов (*M. balthica*, *P. ulvae*, *T. benedii*, *L. littorea*, *L. saxatilis*, *M. arenaria*, *A. marina*, *M. edulis*). Наиболее отличались сообщества верхней литорали (ст. 20–23, кутовая лагуна, и ст. 21–26, лагуна на выходе) с очень низкими видовым разнообразием и плотностью поселений беспозвоночных животных (значительное осушение, опреснение, заиление) (рис. 2 и 3). Более высоким сходством характеризовались сообщества нижней и средней литорали (ст. 8–16, кутовая лагуна, и ст. 9–15, лагуна на выходе), которые были более сходны между собой, чем с сообществом макробентоса верхней литорали или сублиторали (рис. 2 и 3).

Кластерный анализ, выполненный на основе плотности или биомассы популяций псевдомейобентоса, показывает достаточно высокое сходство различных сообществ псевдомейобентоса (из-за распространения *T. benedii*, *M. balthica*, *P. ulvae* по всей литорали), что несколько затрудняет их выделение. Тем не менее кластерный анализ, выполненный на основе

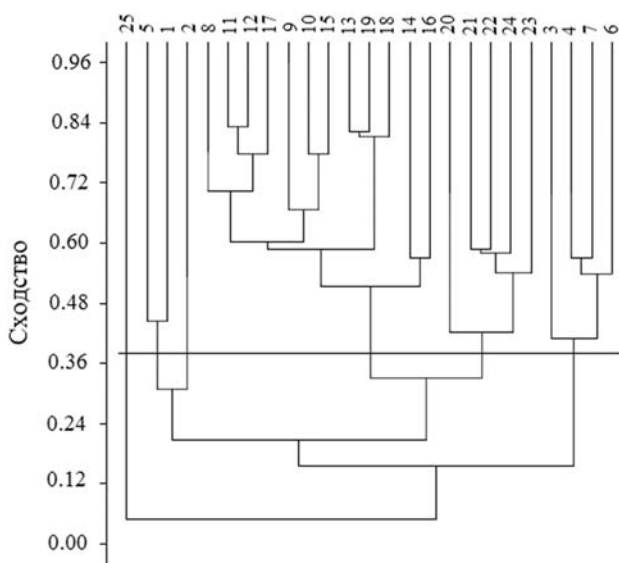


Рис. 2. Дендрограмма сходства сообществ (станций) по качественному составу макрофитозообентоса в лагунной экосистеме, расположенной в кутовой области Кислой губы рядом с Ершовским озером:

1–7 – сублитораль, 8–13 – нижняя литораль, 14–19 – средняя литораль, 20–25 – верхняя литораль. Горизонтальной линией показан уровень значимого сходства

Fig. 2. Dendrogram of the communities' similarity (stations) by the qualitative composition of macrophytozoobenthos in the lagoon ecosystem of the head of the Kislaya Bay near Lake Ershovskoye:

1–7 – sublittoral, 8–13 – lower littoral, 14–19 – middle littoral, 20–25 – upper littoral. The horizontal line shows the level of significant similarity

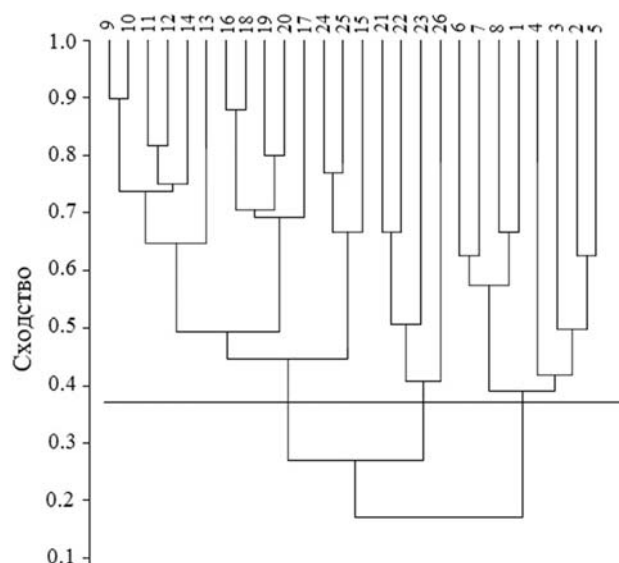


Рис. 3. Дендрограмма сходства сообществ (станций) по качественному составу макрофитозообентоса в лагунной экосистеме, расположенной на выходе из кутовой области Кислой губы:

1–8 – сублитораль, 9–14 – нижняя литораль, 15–20 – средняя литораль, 21–26 – верхняя литораль. Горизонтальной линией показан уровень значимого сходства

Fig. 3. Dendrogram of the communities' similarity (stations) by the qualitative composition of macrophytozoobenthos in the lagoon ecosystem located at the exit from the Kislaya Bay head:

1–8 – sublittoral, 9–14 – lower littoral, 15–20 – middle littoral, 21–26 – upper littoral. The horizontal line shows the level of significant similarity

плотности популяций на уровне значимого сходства, позволяет выделить в кутовой лагуне станции 12, 13, 15 верхней литорали мористого района, к которым примыкает станция 3 нижней литорали (характеризуются низким видовым разнообразием сообщества псевдомейобентоса – в основном личинки *T. benedii* и *M. balthica*), и станции 2–7 нижней, средней и верхней литорали кутового района, где плотность популяций и видовое разнообразие псевдомейобентоса были выше (доминировали личинки *M. balthica*, *T. benedii*, *P. ulvae*, *Pygospio elegans*, *M. edulis*, *T. stroemi*, *S. armiger*, *Fabricia sabella*) (рис. 4).

В лагуне на выходе также выделяются станции 6–9 средней и нижней литорали, с преобладанием *M. balthica*, *T. benedii*, *P. ulvae*, *T. stroemi*, *S. armiger*, *Alitta virens*, *M. arenaria*, и станции 3–11 в основном верхней литорали, где доминируют *T. benedii*, *M. balthica*, *Ch. salinarius*, *P. ulvae*, *L. saxatilis*, с более низким видовым разнообразием и плотностью популяций псевдомейобентоса (рис. 5).

Таким образом, наиболее сильные отличия в видовом составе, плотности и биомассе сообщества макро- и псевдомейобентоса наблюдались между верхней литоралью и нижележащими горизонтами приливно-отливной полосы (нижняя и средняя литораль). При этом сообщество псевдомейобентоса было более интегрированным по сравнению с макробентосом (из-за распространения ювенильных стадий *T. benedii*, *M. balthica*, *P. ulvae* по всей литорали).

Закключение

Всего в исследованных лагунных экосистемах обнаружено 39 видов макробентоса, 13 видов псевдомейобентосных организмов и 10 видов морских трав и водорослей. Наиболее высокого видового разнообразия достигали полихеты (15 видов), моллюски (6 видов брюхоногих и 4 вида двустворчатых) и ракообразные (4 вида). Заметную роль в сообществе макрозообентоса играли солоноватоводные олигохеты (2 вида) и хирономиды (3 вида).

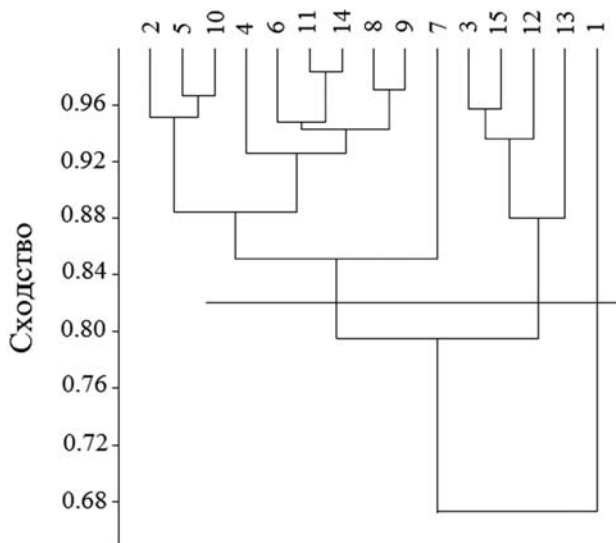


Рис. 4. Дендрограмма сходства (индекс Пианки) сообществ псевдомейобентоса (по плотности популяций) в лагунной экосистеме, расположенной в кутовой области Кислой губы рядом с Ершовским озером: 1–5 – нижняя литораль, 6–10 – средняя литораль, 11–15 – верхняя литораль. Горизонтальной линией показан уровень значимого сходства

Fig. 4. Dendrogram of similarity (Pianka index) of pseudomeiobenthos communities (by population density) in the lagoon ecosystem of the head of Kislaya Bay near Lake Ershovskoye:

1–5 – lower littoral, 6–10 – middle littoral, 11–15 – upper littoral. The horizontal line shows the level of significant similarity

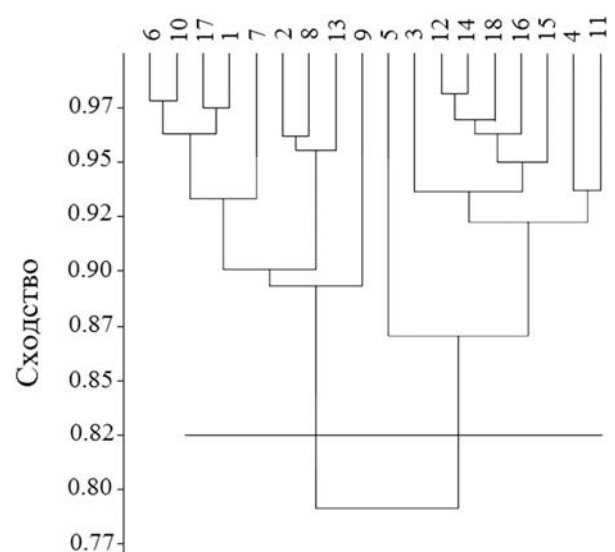


Рис. 5. Дендрограмма сходства (индекс Пианки) сообществ псевдомейобентоса (по плотности популяций) в лагунной экосистеме, расположенной на выходе из кутовой области Кислой губы:

1–6 – нижняя литораль, 7–12 – средняя литораль, 13–18 – верхняя литораль. Горизонтальной линией показан уровень значимого сходства

Fig. 5. Dendrogram of similarity (Pianka index) of pseudomeiobenthos communities (by population density) in the lagoon ecosystem located at the exit from the Kislaya Bay head:

1–6 – lower littoral, 7–12 – middle littoral, 13–18 – upper littoral. The horizontal line shows the level of significant similarity

Это свидетельствует о некотором опреснении исследованных лагун. Проведенный статистический анализ показал, что наиболее сильные отличия в видовом составе, плотности и биомассе сообщества макро- и псевдомейобентоса наблюдались между верхней литоралью и нижележащими горизонтами литорали (нижняя и средняя литораль). При этом сообщество псевдомейобентоса было более интегрированным по сравнению с макробентосом из-за распространения ювенильных стадий *Tubificoides benedii*, *Macoma balthica*, *Peringia ulvae* по всей литорали. В лагуне, расположенной рядом с Ершовским озером, больше встречено солонатоводных и морских эвригалинных видов зообентоса, а в более открытой лагуне обнаружено больше морских менее эвригалинных видов макробентоса. Общие показатели структуры сообщества макро- и псевдомейобентоса (общая плотность и биомасса) на литорали были выше в лагуне, расположенной возле Ершовского озера, что объясняется большим затоплением, меньшим воздействием прилива и течений и, как следствие, более благоприятными условиями для развития многочисленных солонатоводных и морских эвригалинных видов бентосных организмов в этом районе. В продольном направлении от кутовых районов лагун к морю изменения структурных характеристик сообществ макро- и псевдомейобентоса были менее выражены. Вероятно, это связано с небольшой протяженностью и малым градиентом солености воды в пределах акватории исследуемых лагунных экосистем, особенно по сравнению с типичными эстуарными экосистемами (например, в эстуарии р. Черной соленость варьировала от 0 до 22–24 промилле), меньшим влиянием этого фактора на распределение гидробионтов и, как следствие, меньшими изменениями видовой и пространственной структуры сообщества вдоль продольной оси данных лагун [Столяров, Бурковский, 2008; Khlebovich, 2015; Столяров, 2017; Лабай и др., 2022].

Литература

- Бурковский И. В. Морская биогеоценология. Организация сообществ и экосистем. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2006. 285 с.
- Комплексные исследования Бабьего моря, полуизолированной беломорской лагуны: геология, гидрология, биота – изменения на фоне трансгрессии берегов (Труды Беломорской биостанции МГУ. Т. 12) / Под общ. ред. В. О. Мокиевского, А. И. Исаченко, П. Ю. Дгебуадзе, А. Б. Цетлина. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2016. 243 с.
- Лабай В. С., Корнеев Е. С., Абрамова Е. В., Ушаков А. А., Ахмадеева Е. С. Макробентос эстуария типичной «лососевой» реки острова Сахалин (на примере р. Мануй) // Известия ТИНРО. 2022. Т. 202, № 3. С. 640–660. doi: 10.26428/1606-9919-2022-202-640-660
- Мокиевский В. О. Экология морского мейобентоса. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2009. 286 с.
- Столяров А. П. Эстуарные экосистемы Белого моря. М.; Владимир: Калейдоскоп, 2017. 359 с.
- Столяров А. П. Особенности пространственной структуры сообщества макро- и мейобентоса лагунной экосистемы кутовой области Кислой губы (Кандалакшский залив, Белое море) // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 8. С. 88–100. doi: 10.17076/eco1572
- Столяров А. П., Бурковский И. В. Пространственная структура мейобентоса и ее изменения в летний период в эстуарии реки Черной (Кандалакшский залив, Белое море) // Успехи современной биологии. 2008. Т. 128, № 2. С. 145–159.
- Удалов А. А., Бурковский И. В., Мокиевский В. О., Столяров А. П., Мазей Ю. А., Сабурова М. А., Чертопруд М. В., Чертопруд Е. С., Ильинский В. В., Колобов М. Ю., Пономарев С. А. Изменение основных характеристик микро-, мейо- и макробентоса по градиенту солености в эстуарии Белого моря // Океанология. 2004. Т. 44, № 4. С. 549–560.
- Численко Л. Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела (морской мезобентос и планктон). Л.: Наука, 1968. 106 с.
- Boutoumit S., Bououarour O., El Kamcha R., Pouzet P., Zourarah B., Benhoussa A., Maanan M., Bazairi H. Spatial patterns of macrozoobenthos assemblages in a sentinel coastal lagoon: biodiversity and environmental drivers // J. Mar. Sci. Eng. 2021. Vol. 9(5). Art. 461. doi: 10.3390/jmse9050461
- Desrosiers M., Usseglio-Polatera P., Archaimbault V., Larras F., Méthot G., Pinel-Alloul B. Assessing anthropogenic pressure in the St. Lawrence River using traits of benthic macroinvertebrates // Sci. Total Environ. 2019. Vol. 649. P. 233–246. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.267
- Fouad M., Bessi H., Benhra A., Bouhallaoui M. The benthic community used as bioindicator for assessment of the quality of a Moroccan coastal ecosystem: Moulay Bousseham Lagoon // Int. J. Eng. Res. Technol. 2019. Vol. 8, no. 3. P. 127–133.
- Giampaolletti J., Sbrana A., Magni P., Gravina M. F. Macrobenthos of the Tortoli Lagoon: A peculiar case of high benthic biodiversity among Mediterranean lagoons // Diversity. 2023. Vol. 15(6). Art. 783. doi: 10.3390/d15060783
- Gravina M. F., Cabiddu S., Como S., Floris A., Padedda B. M., Pusceddu A., Magni P. Disentangling heterogeneity and commonalities in nanotidal Mediterranean lagoons through environmental features and macrozoobenthic assemblages // Estuar. Coast. Shelf Sci. 2020. Vol. 237. Art. 106688. doi: 10.1016/j.ecss.2020.106688
- Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontol. Electron. 2001. Vol. 4, no. 1. P. 1–9.

Kennish M. J., Paerl H. W. (eds.). Coastal lagoons: critical habitats of environmental change // *Coastal Lagoons: Critical Habitats of Environmental Change*. Boca Raton: CRC Press, 2010. P. 1–15.

Khlebovich V. V. Applied aspects of the concept of critical salinity // *Biol. Bull. Rev.* 2015. Vol. 5, no. 6. P. 562–567.

Labay V. S., Kurilova N. V., Shpilko T. S. Seasonal variability of macrozoobenthos in a lagoon having a periodic connection with the sea (Ptich'e Lake, southern Sakhalin) // *Biol. Bull.* 2016. Vol. 43, no. 9. P. 988–1002.

Lefrere L., Ouassas M., Guillois B., Gillet P., Moukrim A. Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments in the Khnifiss lagoon, South of Morocco // *Mater. Environ. Sci.* 2015. Vol. 6, no. 11. P. 2226–2236.

Llanos E. N., Saracho Bottero M. A., Jaubet M. L., Elias R., Garaffo G. V. Functional diversity in the intertidal macrobenthic community at sewage-affected shores from Southwestern Atlantic // *Mar. Pollut. Bull.* 2020. Vol. 157. Art. 111365. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111365

Pianka E. R. Niche overlap and diffuse competition // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 1974. Vol. 71, no. 5. P. 2141–2145. doi: 10.1073/pnas.71.5.2141

Shannon C. E. The mathematical theory of communication // *Bell Syst. Tech. J.* 1948. Vol. 27(3). P. 379–423. doi: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x

Stolyarov A. P. Species diversity and trophic structure of macrobenthos communities in lagoon ecosystems (Kandalaksha bay, White sea) // *Biol. Bull.* 2020. Vol. 47, no. 8. P. 1–9. doi: 10.1134/S1062359020080130

Stolyarov A. P. Characteristics of the specific, spatial, and trophic structure of macrobenthos in the lagoon ecosystem of Nikolskaya Bay (Kandalaksha Gulf, White Sea) // *Moscow University Biological Sciences Bulletin.* 2023. Vol. 78, no. 1. P. 31–38. doi: 10.3103/S0096392523010054

Sørensen T. A. A new method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons // *Knigl. Dan. Videnskab. Selskab. Biol. Skr.* 1948. Vol. 5, no. 4. P. 1–34.

References

Boutoumit S., Bououarour O., El Kamcha R., Pouzet P., Zourarah B., Benhoussa A., Maanan M., Bazairi H. Spatial patterns of macrozoobenthos assemblages in a sentinel coastal lagoon: biodiversity and environmental drivers. *J. Mar. Sci. Eng.* 2021;9(5):461. doi: 10.3390/jmse9050461

Burkovskii I. V. Marine biogeocenology. Organization of communities and ecosystems. Moscow: KMK; 2006. 285 p. (In Russ.)

Chislenko L. L. Nomograms for determining the weight of aquatic organisms by size and body shape (marine mesobenthos and plankton). Leningrad: Nauka; 1968. 106 p. (In Russ.)

Desrosiers M., Usseglio-Polatera P., Archaimbault V., Larras F., Méthot G., Pinel-Alloul B. Assessing anthropogenic pressure in the St. Lawrence River using traits of benthic macroinvertebrates. *Sci. Total*

Environ. 2019;649:233–246. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.267

Fouad M., Bessi H., Benhra A., Bouhallaoui M. The benthic community used as bioindicator for assessment of the quality of a Moroccan coastal ecosystem: Moulay Bouselham Lagoon. *Int. J. Eng. Res. Technol.* 2019;8(3):127–133.

Giampaoletti J., Sbrana A., Magni P., Gravina M. F. Macrobenthos of the Tortoli Lagoon: A peculiar case of high benthic biodiversity among Mediterranean lagoons. *Diversity.* 2023;15(6):783. doi: 10.3390/d15060783

Gravina M. F., Cabiddu S., Como S., Floris A., Padedda B. M., Pusceddu A., Magni P. Disentangling heterogeneity and commonalities in nanotidal Mediterranean lagoons through environmental features and macrozoobenthic assemblages. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 2020;237:106688. doi: 10.1016/j.ecss.2020.106688

Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* 2001;4(1):1–9.

Kennish M. J., Paerl H. W. (eds.). Coastal lagoons: critical habitats of environmental change. *Coastal Lagoons: Critical Habitats of Environmental Change*. Boca Raton: CRC Press; 2010. P. 1–15.

Khlebovich V. V. Applied aspects of the concept of critical salinity. *Biol. Bull. Rev.* 2015;5(6):562–567.

Labay V. S., Kurilova N. V., Shpilko T. S. Seasonal variability of macrozoobenthos in a lagoon having a periodic connection with the sea (Ptich'e Lake, southern Sakhalin). *Biol. Bull.* 2016;43(9):988–1002.

Labay V. S., Korneev E. S., Abramova E. V., Ushakov A. A., Akhmadeeva E. S. Macrobenthos in the estuary of a typical «salmon» river of Sakhalin Island (on example of the Manuy River). *Izvestiya TINRO.* 2022;202(3):640–660. (In Russ.). doi: 10.26428/1606-9919-2022-202-640-660

Lefrere L., Ouassas M., Guillois B., Gillet P., Moukrim A. Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments in the Khnifiss lagoon, South of Morocco. *Mater. Environ. Sci.* 2015;6(11):2226–2236.

Llanos E. N., Saracho Bottero M. A., Jaubet M. L., Elias R., Garaffo G. V. Functional diversity in the intertidal macrobenthic community at sewage-affected shores from Southwestern Atlantic. *Mar. Pollut. Bull.* 2020;157:111365. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111365

Mokievskii V. O. Ecology of the marine meiobenthos. Moscow: KMK; 2009. 286 p. (In Russ.)

Mokievskii V. O., Isachenko A. I., Dgebuadze P. Yu., Tsetlin A. B. (eds.). Comprehensive studies of the Babye Sea Bay, a semi-isolated lagoon in the White Sea: Geology, hydrology, biota – changes against the background of coast transgression. *Trudy Belomorskoi biostantsii MGU = Proceed. The White Sea Biol. Station MSU.* Vol. 12. Moscow: KMK; 2016. 243 p. (In Russ.)

Pianka E. R. Niche overlap and diffuse competition. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 1974;71(5):2141–2145. doi: 10.1073/pnas.71.5.2141

Shannon C. E. The mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.* 1948;27(3):379–423. doi: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x

Stolyarov A. P., Burkovskii I. V. Spatial structure of meiobenthos and its changes in the summer period

in the estuary of the Chernaya River (Kandalaksha Bay, White Sea). *Uspekhi sovrem. biol.* = *Advances in Current Biol.* 2008;128(2):145–159. (In Russ.)

Stolyarov A. P. Estuarine ecosystems of the White Sea. Moscow-Vladimir: Kaleidoskop; 2017. 359 p. (In Russ.)

Stolyarov A. P. Species diversity and trophic structure of macrobenthos communities in lagoon ecosystems (Kandalaksha Bay, White Sea). *Biol. Bull.* 2020;47(8): 1–9. doi: 10.1134/S1062359020080130

Stolyarov A. P. Features of the spatial structure of the macro- and meiobenthos community of the lagoon ecosystem of Kislaya Bay head (Gulf of Kandalaksha, White Sea). *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN* = *Transactions of Karelian Research Centre RAS*. 2022;8:88–100. (In Russ.). doi: 10.17076/eco1572

Stolyarov A. P. Characteristics of the specific, spatial, and trophic structure of macrobenthos in the lagoon ecosystem of Nikolskaya Bay (Kandalaksha Gulf, White Sea). *Moscow University Biological Sciences Bulletin*. 2023;78(1):31–38. doi: 10.3103/S0096392523010054

Sørensen T. A. A new method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. *Kngl. Dan. Videnskab. Selskab. Biol. Skr.* 1948;5(4):1–34.

Udalov A. A., Burkovskii I. V., Mokievskii V. O., Stolyarov A. P., Mazei Yu. A., Saburova M. A., Chertoprud M. V., Chertoprud E. S., Il'inskii V. V., Kolobov M. Yu., Ponomarev S. A. Changes in the main characteristics of micro-, meio- and macrobenthos along the salinity gradient in the estuary of the White Sea. *Okeanologiya* = *Oceanology*. 2004;44(4):549–560. (In Russ.)

Поступила в редакцию / received: 30.07.2024; принята к публикации / accepted: 06.11.2024.
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declares no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Столяров Андрей Павлович

д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник
кафедры общей экологии и гидробиологии
биологического факультета

e-mail: macrobenthos@mail.ru

CONTRIBUTOR:

Stolyarov, Andrey

Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher