

УДК 574.587(265.54.04)

МЕЖГОДОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ МЕЙОБЕНТОСА ПЕСЧАНОГО МЕЛКОВОДЬЯ БУХТЫ ТРИОЗЕРЬЕ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

© 2025 г. А. А. Карпова^{1,2}, Н. П. Фадеева¹

¹Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Российская Федерация

²Национальный научный центр морской биологии имени А. В. Жирмунского,

Владивосток, Российская Федерация

E-mail: lyuney@gmail.com

Поступила в редакцию 31.05.2024; после доработки 07.07.2024;

принята к публикации 20.03.2025.

Впервые представлены результаты анализа динамики биологических параметров мейобентоса прибрежной полосы песчаных грунтов в бухте Триозерье (Японское море) в июле — августе 2021–2023 гг. За время исследования зарегистрировано 20 таксонов мейофауны, которую формировали представители Harpacticoida, Nematoda, Copepoda, Turbellaria, Gastrotricha, Annelida, Halacaridae и Ostracoda. Основой нематоцены являлись свободноживущие нематоды *Daptonema normandicum*, *Enoplolaimus pectinatus*, *Metadesmolaimus innii* и *Parascolaimus proprius*. В целом структура качественных и количественных показателей мейобентоса и нематофауны ежегодно менялась в связи с гранулометрическим составом грунтов.

Ключевые слова: Японское море, межгодовые изменения, гранулометрический состав, органическое вещество, мейобентос, нематофауна

Сведения о прибрежных экосистемах япономорского побережья по-прежнему скудны. Если таксономический состав и распределение мейобентоса в зависимости от факторов среды исследованы в ряде акваторий залива Петра Великого [Павлюк, 2004; Смирнова, 2012; Требухова, Павлюк, 2006 и др.], то структурная организация и пространственно-временная изменчивость интерстициальных сообществ малоприливных пляжей с преобладающим волновым воздействием практически не изучены [Смирнова, Фадеева, 2012; Фадеева, 1991].

В верхних этажах сублиторали донные осадки в открытых бухтах формируются в условиях активной гидродинамики (как волновой, так и связанной с течениями) и характеризуются интенсивным водообменом с открытым морем. На песчаном побережье создаётся среда сильного физического стресса для морской фауны, и в результате эту специфическую переходную экосистему между наземной и морской средой населяет относительно небольшое количество видов. Песчаные пляжи на первый взгляд кажутся безжизненными и выглядят как «биологические пустыни», однако в интерстициали формируются богатые по составу мейобентосные сообщества.

Открытая песчаная бухта Триозерье, которая известна тремя пресными озёрами, граничащими с солёными водами, является популярным местом пляжного отдыха в летнее время. Бухта расположена на юго-востоке Приморья, в Партизанском районе, в западной части Японского моря (см. рис. 1). Немногочисленные морские биологические исследования бухты Триозерье касаются лишь отдельных видов макробентоса и массовых видов макрофитов [Кулепанов и др., 2023].

Цель настоящего исследования — изучить характер изменения межгодовой динамики плотности поселения мейобентоса и нематофауны верхнего этажа сублиторали (на глубинах до 1 м) открытой мелководной бухты Триозерье в 2021–2023 гг. в связи с условиями среды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Район исследования — песчаная мелководная открытая бухта Триозерье, расположенная в западной части Японского моря. Центральную часть бухты занимают домиформные ландшафты, вытянувшиеся языком с северо-востока. Они окаймлены обширными полями ареноида, который на северо-западе ограничен литоралью, а на севере — концизием; с юго-запада он граничит с ландшафтами, прилегающими к группе скал [Арзамасцев, Преображенский, 1990; Преображенский и др., 2000]. Протяжённость песчаного пляжа составляет более 1,5 км. Три озера около акватории расположены на расстоянии 200 м от моря и не имеют прямого влияния на состояние вод. Средняя солёность в бухте — 30–33 ‰.

Морфометрический показатель, определяющий степень открытости бухт, находили путём расчёта отношения глубины врезания исследуемой бухты в сушу к расстоянию между входными мысами [Мануйлов, 1990]. Морфометрический показатель рассчитывали при помощи инструмента «линейка и планиметр» в поисково-информационной картографической службе «Яндекс.Карты» (<https://yandex.ru/maps>). Карту-схему построили с помощью программы Ocean Data View и «Яндекс.Карт».

Исследования были проведены в июле — августе 2021–2023 гг. (при температурах от +18,5 до +24 °C) в бухте Триозерье (Японское море) (рис. 1) в диапазоне глубин от 0,5 до 1,0 м.

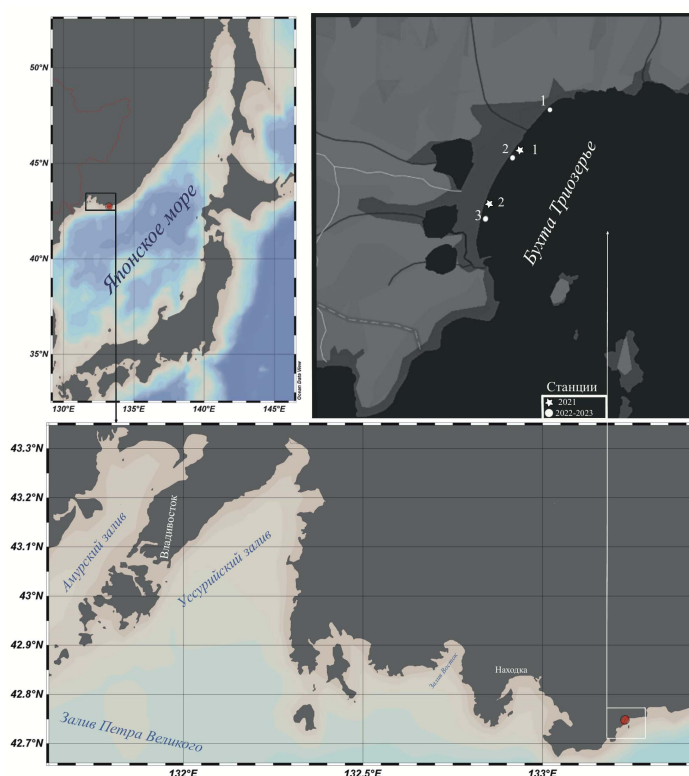


Рис. 1. Карта-схема района исследований в бухте Триозерье. Белыми точками отмечены станции 1, 2 и 3 2022–2023 гг. (2022 г. — st1_22, st2_22 и st3_22; 2023 г. — st1_23, st2_23 и st3_23). Белыми звёздочками отмечены станции 1 и 2 2021 г. (st1_21 и st2_21). Источники: Ocean Data View и «Яндекс.Карты»

Fig. 1. Scheme map of the Triozerye Bay study area. White dots mark stations 1, 2, and 3 of 2022–2023 (st1_22, st2_22, and st3_22 in 2022; st1_23, st2_23, and st3_23 in 2023). White stars mark stations 1 and 2 of 2021 (st1_21 and st2_21). Sources: Ocean Data View and Yandex.Maps

За весь период в бухте Триозерье отобрано 24 пробы: 19 августа 2021 г. — 6 проб на двух станциях; 19 июля 2022 г. и 10 августа 2023 г. — по 9 проб на трёх равноудалённых станциях. Данные о погоде в исследуемые периоды взяты из открытого источника [Архивы погоды, 2024]. Одновременно с количественными пробами отобран материал для определения содержания органического вещества и гранулометрического состава грунта.

Образцы грунта собрали трубчатым пробоотборником с внутренним диаметром 2,2 см и высотой колонки грунта 5 см; площадь вырезания грунта составляла 3,8 см². Гранулометрический анализ провели стандартным ситовым методом [Петелин, 1967], полученные данные о грунте классифицировали по преобладающей фракции частиц [ГОСТ 12536-2014, 2015]. Содержание органического вещества проанализировали по ГОСТ 26213-91 — провели определение углерода мокрым сжиганием по Тюрину [ГОСТ 26213-91, 1992]. Мейобентосные организмы, выделенные из грунта по стандартной методике с использованием сит с размером ячеек 32–40 мкм, фиксировали на фильтрованной морской воде забуференным 4%-ным формальдегидом.

Весь мейобентос был подсчитан и классифицирован по таксонам. Видовая идентификация нематод и измерение основных морфологических параметров (длина тела и максимальный диаметр) исследуемых видов проведены по препаратам с помощью стереоскопического микроскопа Axio Imager в программе AxioVision 4.8.

Для характеристики структуры таксоценов мейобентоса и нематод вычисляли индексы видового разнообразия Шеннона (H), видового богатства Маргалефа (D_{Mg}), выровненности Пиелу (E) и доминирования Симпсона ($1 - D$). Расчёт и анализ сходства станций проводили с использованием меры Брея — Кёртиса (PRIMER v6), корреляционный анализ — с применением коэффициента Пирсона (PAST 4.04). Для первичной оценки трофической структуры нематоценов использовали классификацию W. Wieser [1953], основанную на строении ротовой полости нематод.

Индекс трофического разнообразия (index of trophic diversity, ITD) рассчитывали по формуле:

$$ITD = g_1^2 + g_2^2 + \dots + g_n^2,$$

где g — относительный вклад каждой трофической группы в общее число особей;

n — количество трофических групп [Heip et al., 1985].

В литературе чаще используют формулу $1 - ITD$, и показатель варьирует от 0 до 0,75.

Расчёт биомассы (M) нематод проведён по формуле:

$$M = V \times p \times N,$$

где V — объём организмов;

p — удельный вес (значение для Nematoda — 1,13 мг·м⁻³);

N — число организмов на 1 м².

Объём (V) организмов вычислен по формуле:

$$V = k \times L \times w,$$

где k — коэффициент преобразования (значение для Nematoda — 530);

w — максимальное значение ширины тела;

L — значение длины тела [Численко, 1968].

Для оценки качества сообщества применяли ABC-метод, основанный на построении кумулятивных кривых численности и биомассы:

$$ABC_{index} = \sum_{i=1}^N (B_i - A_i),$$

где B_i и A_i — кумулятивные значения относительной биомассы и численности i -го вида, %;

N — количество видов.

При положительном значении индекса считается, что сообщества не испытывают негативно-го воздействия; при отрицательном — что они находятся в стрессовых условиях; при значениях, близких к нулю, — что испытывают незначительное воздействие. Для дополнительной информации и сравнения ABC-кривых мы рассчитывали W -статистику [Clarke, 1990], оценивающую площадь между двумя кумулятивными кривыми — биомассы и численности:

$$W = \frac{\sum (B_i - A_i)}{[50(S - 1)]},$$

где B_i — накопленные значения биомассы для i -го по рангу вида;

A_i — накопленные значения численности для i -го по рангу вида;

S — число видов.

W -статистика характеризует ABC-эффект, значение изменяется от -1 до $+1$. Её величина стремится к -1 в полностью разрушенных сообществах и к $+1$ в ненарушенных (PRIMER v6).

Для полной характеристики гранулометрического состава грунта вычисляли процентное содержание фракций определённого размера, а затем — медиану (средний размер зёрен грунта, Md) и коэффициенты сортировки (S_0) и асимметрии (S_k). Коэффициенты рассчитывали путём построения кумулятивных кривых, на которых определяли величины квартилей. Степень сортированности грунта S_0 выделяли в соответствии с классификацией P. D. Trask [1932]: хорошо отсортированные осадки ($S_0 = 1,0 \dots 1,58$); средне отсортированные ($S_0 = 1,58 \dots 2,12$); плохо отсортированные ($S_0 > 2,12$).

В качестве многомерных методов оценки сообществ в работе применяли кластерный анализ (CLUSTER) и многомерное шкалирование (multidimensional scaling, MDS); кластеризацию станций проводили с использованием меры сходства Брея — Кёртиса (PRIMER v6). Одномерные параметрические коэффициенты корреляции рассчитывали между числовыми параметрами окружающей среды, плотностью поселения, биомассой нематод и различными индексами разнообразия. Взаимосвязь между переменными окружающей среды и структурой сообщества мейобентоса и нематод исследовали с помощью процедуры BEST с использованием корреляции Спирмена (PRIMER v6).

Статистические расчёты выполнены при помощи пакетов программ MS Office Excel, PRIMER v6 и PAST 4.04.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Бухта Триозерье характеризуется активным гидродинамическим режимом, отсутствием илов с морфометрическим показателем 0,2, что позволяет отнести её к бухтам открытого типа. Согласно данным [Архивы погоды, 2024] для Находкинского городского округа, в даты отбора проб в августе 2021 г. и июле 2022 г. отмечены сходные умеренные погодные условия. Так, были зарегистрированы штиль и отсутствие осадков, а температура воздуха в оба временных интервала колебалась от $+25$ до $+32$ °C. В первую декаду августа 2023 г. периодами возникали сильные порывы ветра, до $13 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. С начала месяца до дня отбора проб преобладала облачность, 10/10 баллов,

температура воздуха не превышала $+23^{\circ}\text{C}$, осадки фиксировались ежедневно. На момент отбора проб 10 августа 2023 г. количество выпавших за сутки осадков было зарегистрировано на уровне 27 мм (осадки классифицированы как ливневые дожди). В августе 2023 г. (на момент отбора проб) в бухте Триозерье температура воды не превышала $+18^{\circ}\text{C}$.

В течение трёх лет состав грунтов не оставался неизменным. Так, увеличивалась доля крупных частиц грунта. Менялись и преобладающие фракции — от мелкого песка в 2021 г. до среднего и крупного песка в 2022 г. и до среднего гравия на ст. st1_23 в 2023 г. Кумулятивные кривые (рис. 2) отчётливо демонстрируют различия между составом в 2021 и 2023 гг.

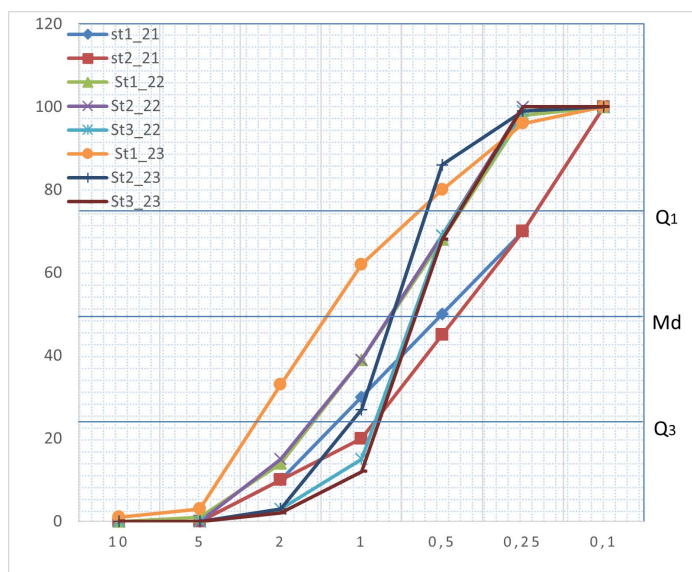


Рис. 2. Кумулятивные кривые гранулометрического состава донных осадков бухты Триозерье в 2021–2023 гг.

Fig. 2. Cumulative curves of the grain size distribution of bottom sediments in the Triozerie Bay in 2021–2023

Несмотря на невысокие значения содержания органического вещества в грунте на всех станциях в 2021–2023 гг., зафиксировано увеличение концентрации от 0,03 до 0,08 % за этот период (табл. 1).

Таблица 1. Характеристики станций: показатели гранулометрического состава осадков (S_0 — коэффициент сортировки; S_k — коэффициент асимметрии; Md — средний размер зёрен грунта) и содержание органического вещества (C_{org} , %)

Table 1. Characteristics of the stations: parameters of the grain size distribution of bottom sediments (S_0 , sorting coefficient; S_k , asymmetry coefficient; Md, mean grain size of sediments) and organic matter content (C_{org} , %)

Станция	S_0	S_k	Md	Сортированность [Trask, 1932]	Преобладающая фракция, мм [Безруков, Лисицын, 1960]		C_{org} , %
st1_21	2,54	0,45	0,75	плохо отсортированный	0,25–0,01	мелкий песок	0,03
st2_21	2,12	0,9	0,45	средне отсортированный	0,25–0,01	мелкий песок	0,03
st1_22	2,06	1,06	0,8	средне отсортированный	0,5–0,25	средний песок	0,05
st2_22	2,06	1	0,8	средне отсортированный	0,5–0,25	средний песок	0,05
st3_22	1,4	0,88	0,6	хорошо отсортированный	1–0,5	крупный песок	0,05
st1_23	1,96	0,84	1,5	средне отсортированный	5–2	средний гравий	0,05
st2_23	1,3	0,9	0,8	хорошо отсортированный	1–0,5	крупный песок	0,08
st3_23	1,4	0,9	0,6	хорошо отсортированный	1–0,5	крупный песок	0,05

В ходе исследований бухты Триозерье в 2021–2023 гг. было обнаружено 20 таксонов мейобентоса. Основу интерстициального сообщества формировали следующие таксоны: Harpacticoida, Nematoda, Copepoda, Turbellaria, Gastrotricha, Annelida, Halacaridae и Ostracoda (рис. 3). На одну станцию приходилось 9–12 таксонов. В 2022 и 2023 гг. в бухте регистрировали по 13 таксонов, в 2021 г. зафиксировали 14.

В течение изученного периода доминирующие таксоны менялись (рис. 3). В 2021 г. Nematoda занимали наибольшую долю в мейобентосе, 71 %. В 2022 г. доля Nematoda составляла не более 5 %, а преобладающим таксоном, с долей более 80 %, стали ракообразные (Harpacticoida и Copepoda). Средняя плотность поселения мейобентоса на трёх станциях в 2022 г. была наиболее высокой за весь период исследований — $(2196,8 \pm 1407)$ экз. на 10 см^2 . В 2023 г. выявлено относительно равномерное распределение таксонов; выраженных доминантов не было. Почти в равных долях отмечены Turbellaria, Annelida и Harpacticoida (см. рис. 3); доля Ostracoda составила 16 %. Также в этот год зарегистрировано наименьшее количество нематод — лишь 6 % от всего мейобентоса в бухте Триозерье. На трёх станциях 2023 г. выявлена минимальная плотность поселения всего мейобентоса — $(288,3 \pm 212)$ экз. на 10 см^2 .

Всего за период исследований в бухте Триозерье обнаружено 33 вида нематод, принадлежащих к 29 родам и 15 семействам. Наиболее высокое видовое разнообразие отмечено в семействах Hyalidae (6 видов), Axonolaimidae и Chromadoridae (по 4 вида). Полный список видов приведён в табл. 2. Их число на станциях варьировало от 1 до 21. Наибольшее число видов зарегистрировано в 2021 г. на ст. st2_21, наименьшее — в 2023 г. на ст. st3_23. Кроме того, в бухте Триозерье зафиксированы эвригалинные виды свободноживущих нематод — Linhomoeidae gen. sp. и *Leptolaimoides propinquus* на ст. st3_23 в 2023 г., а также *Anoplostoma cuticularia* на ст. st1_21 в 2021 г.

Таблица 2. Список видов нематод, обнаруженных в бухте Триозерье за 2021–2023 гг., частота встречаемости (%) и их трофическая принадлежность

Table 2. List of nematode species found in the Triozerye Bay in 2021–2023, their frequency of occurrence, and trophic affiliation

№	Вид	Семейство	Трофический показатель по [Wieser, 1953]*	Частота встречаемости, %	Экз. на 10 см^2		
					2021 г.	2022 г.	2023 г.
1	<i>Daptonema normandicum</i> (de Man, 1890) Lorenzen, 1977	Hyalidae	1B	71	34,2	57,5	2,2
2	<i>Parascolaimus proprius</i> Belogurov & Kartavseva, 1975	Axonolaimidae	1B	50	9	22,8	2,7

Продолжение на следующей странице...

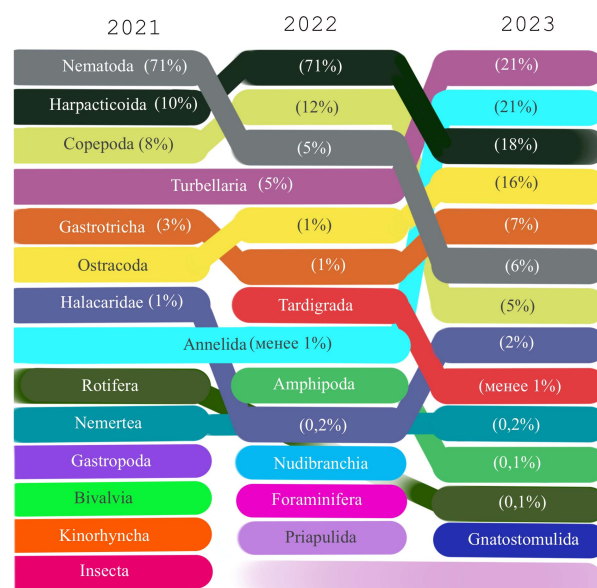


Рис. 3. Динамика изменения доли основных таксонов в мейобентосе в бухте Триозерье в 2021–2023 гг.

Fig. 3. Dynamics of changes in the share of main taxa in meiobenthos in the Triozerye Bay in 2021–2023

№	Вид	Семейство	Трофический показатель по [Wieser, 1953]*	Частота встречае- мости, %	Экз. на 10 см ²		
					2021 г.	2022 г.	2023 г.
3	<i>Metadesmolaimus innii</i> Fadeeva & Karpova, 2024	Xyalidae	1B	42	35,6	0,9	4
4	<i>Enoplolaimus pectinatus</i> Fadeeva & Zograf, 2010	Thoracostomopsidae	2B	42	31,6	4,7	1,3
5	<i>Ascolaimus elongatus</i> (Bütschli, 1874) Shuurmans Stekhoven & de Coninck, 1932	Axonolaimidae	1B	38	1,8	2,9	0
6	<i>Neochromadora poecilosoma</i> (de Man, 1893) Micoletzky, 1924	Chromadoridae	2A	21	60,5	0	0
7	<i>Theristus macroflevensis</i> Gerlach, 1954	Xyalidae	1B	21	13,2	0	1,3
8	<i>Oncholaimus domesticus</i> (Chitwood & Chitwood, 1938) Rachor, 1969	Oncholaimidae	2B	21	11,1	0,9	2,2
9	<i>Oncholaimus</i> sp. Dujardin, 1845	Oncholaimidae	2B	21	3	8,1	0
10	<i>Parachromadorita</i> sp. nov. Blome, 1974	Chromadoridae	2A	21	10,4	0	0,7
11	<i>Bolbolaimus</i> sp. 1 Cobb, 1920	Microlaimidae	2A	21	8,4	0	0
12	<i>Bathylaimus anatolii</i> Smirnova & Fadeeva, 2011	Tripyloididae	1B	21	3,2	1,6	0
13	<i>Desmodora</i> sp. de Man, 1889	Desmodoridae	2A	17	8,2	0	0
14	<i>Trileptium</i> sp. Cobb, 1933	Thoracostomopsidae	2B	17	1,6	4,3	0,7
15	<i>Microlaimus</i> sp. de Man, 1880	Microlaimidae	2A	17	0,6	0	1,6
16	<i>Axonolaimus seticaudatus</i> Platonova, 1971	Axonolaimidae	1B	13	0,4	6,3	0
17	<i>Theristus</i> sp. Bastian, 1865	Xyalidae	1B	13	4	1,7	0
18	<i>Tripyloides</i> sp. de Man, 1886	Tripyloididae	1B	13	4,1	0	0
19	<i>Chromaspirina</i> sp. Filipjev, 1918	Desmodoridae	2A	13	0	2,5	0,9
20	<i>Chromadora heterostomata</i> Kito, 1978	Chromadoridae	1A	13	0	0	3
21	<i>Enoplus</i> sp. Dujardin, 1845	Enoplidae	1B	13	0	1,1	0
22	<i>Daptonema</i> sp. nov. Cobb, 1920	Xyalidae	1B	8	3	0	0
23	<i>Lauratonema juncta</i> Fadeeva, 1989	Lauratonematidae	1A	8	0	0,9	0,9
24	<i>Metachromadora itoi</i> Kito, 1978	Desmodoridae	2A	8	1	0	0,5
25	<i>Leptolaimoides propinquus</i> Fadeeva & Morduchovic, 2007	Leptolaimidae	1A	8	0	0	1,4
26	<i>Linhomoeidae</i> gen. sp. Filipjev, 1922	Linhomoeidae	1B	8	0	0	1,3
27	<i>Desmoscolex</i> sp. Claparède, 1863	Desmoscolecidae	2A	8	0,6	0	0
28	<i>Dichromadora</i> sp. Kreis, 1929	Chromadoridae	2A	4	4	0	0
29	<i>Viscosia epapillosa</i> Platonova, 1971	Oncholaimidae	2B	4	0	0	1
30	<i>Metadesmolaimus canicula</i> (Wieser & Hopper, 1967) Gerlach & Riemann, 1973	Xyalidae	1B	4	1	0	0
31	<i>Nudora</i> sp. nov. Cobb, 1920	Monoposthiidae	1A	4	1	0	0
32	<i>Parodontophora</i> sp. Timm, 1963	Axonolaimidae	2B	4	0,3	0	0,5
33	<i>Anoplostoma cuticularia</i> Belogurov & Alekseev, 1977	Anoplostomatidae	1B	4	0	0	0,5

Примечание: * — см. подпись к рис. 6.

Note: *, see Fig. 6 caption for explanation.

За три года исследования выявлены изменения видового состава нематод со сменой доминирующих видов. Наибольшая частота встречаемости и плотность поселения отмечены у пяти видов нематод, формировавших основу нематоцены: *Daptonema normandicum*, *Parascolaimus proprius*, *Metadesmolaimus innii*, *Ascolaimus elongatus* и *Enoplolaimus pectinatus*. Нематоды *Oncholaimus domesticus* также имели высокую частоту встречаемости в бухте, но характеризовались меньшими значениями плотности поселения.

Выявлены межгодовые колебания плотности поселения нематофауны в бухте Триозерье. В частности, за 2021–2023 гг. изменилось её общее обилие: максимальные средние плотности поселения нематод отмечены в 2021 г. на ст. st2_21 — (370 ± 296) экз. на 10 см^2 ; минимальные зафиксированы в 2023 г. на ст. st3_23 — $(5 \pm 1,8)$ экз. на 10 см^2 (табл. 2). В период с 2021 по 2022 г. средняя плотность поселения на станциях сократилась в 2,2 раза. С 2021 по 2023 г. плотность поселения нематофауны упала в 10 раз, что свидетельствует о существенных межгодовых колебаниях.

В 2021 г. доминировал короткоживущий вид *Neochromadora poecilosoma*: его доля составляла 24 % (рис. 4). Отметим, что *N. poecilosoma* не встречался в последующие годы в бухте Триозерье. Этот вид является фитофагом; по-видимому, его присутствие/обилие тесно связано с пищевой стратегией, зависящей от динамики микрофитобентоса. На станциях 2021 г. половину сообщества нематофауны формировала молодь, зарегистрировано относительно небольшое количество самцов (12 %). В 2022 г. произошла смена доминирующего вида, доля *D. normandicum* составила 51 %. Это отразилось на значениях индекса доминирования Симпсона ($1 - D$) (табл. 3): они не превышали 0,7 на ст. st3_22. В 2023 г. доминирующие формы сменились, и среди зарегистрированных 18 видов нематод не было выявлено выраженных доминантов. Так, 14 % приходилось на *M. innii* (рис. 4), 12 % — на *Chromadora heterostomata*, по 9–10 % — на *A. elongatus*, *O. domesticus* и *D. normandicum*. В пробах 2022 и 2023 гг. возрастная и гендерная структуры были схожими: самки преобладали на уровне 50 %, а доли молоди и самцов находились на уровне 30 и 20 % соответственно.

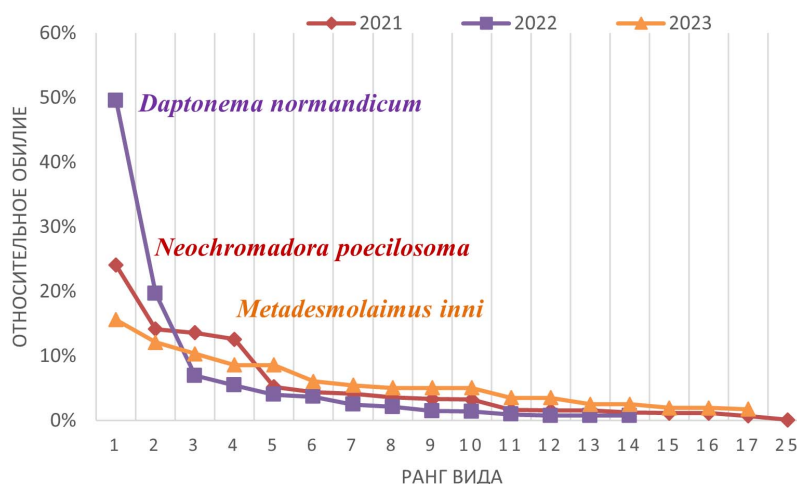


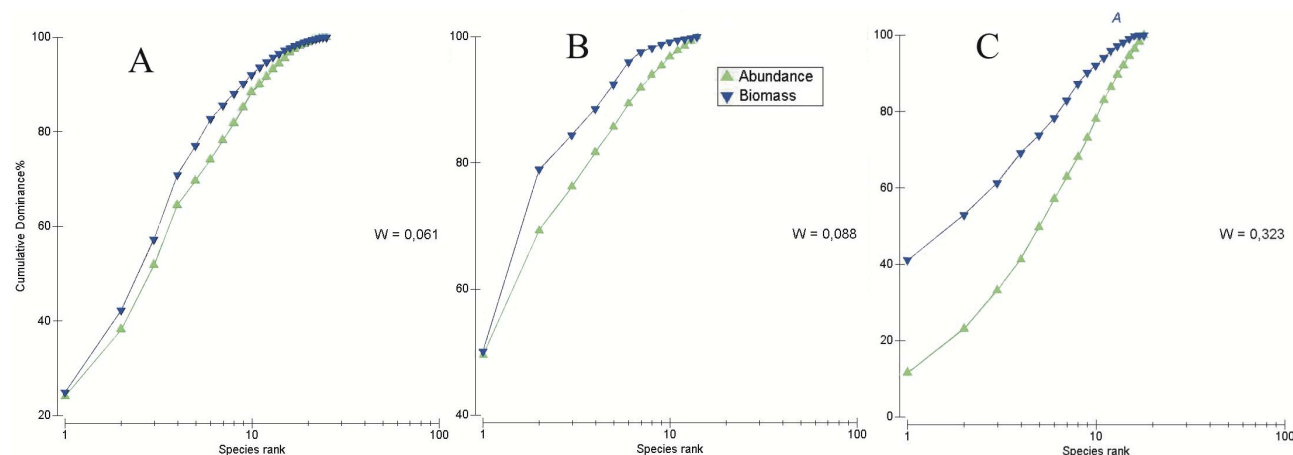
Рис. 4. Кривые рангового распределения относительного обилия нематод в 2021–2023 гг. и доминирующие виды нематод (цвет подписи соответствует цвету кривой доминирования)

Fig. 4. Curves of the rank distribution of nematode relative abundance in 2021–2023 and dominant nematode species (the signature color corresponds to the dominance curve color)

Применение АВС-метода показало: для станций бухты Триозерье в 2021–2023 гг. характерно расположение кривой биомассы над кривой численности (рис. 5), что свидетельствует об отсутствии физического стресса.

Таблица 3. Индексы биологического разнообразия на исследованных станциях в 2021–2023 гг.**Table 3.** Indices of biological diversity for the stations studied in 2021–2023

Индекс	2021 г.		2022 г.			2023 г.		
	st1_21	st2_21	st1_22	st2_22	st3_22	st1_23	st2_23	st3_23
Шеннона (H)	2,3	2,4	1,4	1,9	1,2	2,0		
Симпсона ($1 - D$)	0,9		0,7	0,8	0,6	0,9		
Маргалефа (D_{Mg})	3,7	3,4	1,1	2,2	1,4	2,5		
Пielу (E)	0,8		0,8	0,8	0,6	0,9	0,9	1,0
$1 - ITD$	0,66		0,55			0,74		
ABC_{index}	1,6		0,97			3,6		

**Рис. 5.** Кумулятивные кривые численности и биомассы по данным 2021 (А), 2022 (В) и 2023 гг. (С)**Fig. 5.** Cumulative curves of abundance and biomass according to the data of 2021 (A), 2022 (B), and 2023 (C)

Биомассы сообществ нематод в 2021 и 2022 гг. находились примерно на одном уровне — 1090 и 960 мкг·м⁻². В 2023 г. биомасса сократилась в 10 раз, до 90 мкг·м⁻². В 2021 г. 80 % вклада в биомассу внесли 6 из 25 зарегистрированных видов, в 2022 г. — всего 3 из 14. Средняя длина представителей обнаруженных видов нематод варьировала от 498 до 5241 мкм.

Крупная нематода *P. proprius* вносила наибольший вклад в биомассу нематоценоз бухты ежегодно (табл. 2). Длина некоторых особей этого вида достигала 6500 мкм. В 2021 г. доля *P. proprius* от общей биомассы составляла 17 %, а в 2022 г. — уже 50 %. В 2023 г. основной вклад в биомассу внесли 7 из 18 видов свободноживущих нематод, в том числе *P. proprius* (до 40 %).

В 2023 г. отмечены максимальные значения ABC_{index} — на уровне 3,6; это в 2,25 раза выше, чем в 2022 г. (табл. 3). Значения трёх индексов — ABC_{index} , $1 - ITD$ и индекса Пielу (E) — увеличивались с 2021 по 2023 г. (см. табл. 3), причём значения коэффициента корреляции Пирсона между ними были не ниже 0,8. При этом на станциях 2023 г. зафиксированы относительно высокие показатели индексов биологического разнообразия. Кроме того, здесь отсутствовали выраженные доминанты как в мейобентосе, так и в нематофауне. Наибольшие значения индексов видового разнообразия Шеннона (H) и видового богатства Маргалефа (D_{Mg}) были характерны для станций 2021 г. Так, для ст. st1_21 в 2021 г. получено высокое значение D_{Mg} , на уровне 3,7, что указывает на существенное видовое разнообразие в бухте Триозерье в тот период (табл. 3).

Трофическая структура комплексов нематод представлена диаграммой (рис. 6). Несмотря на резкий скачок доли неизбирательных детритофагов (1B) в 2022 г., всеядные/хищники (2B) на протяжении 2021–2023 гг. составляли стабильные 20 % от всей нематофауны в трофической структуре и были представлены 6 видами (см. табл. 2). Каждый год в бухте были зарегистрированы 3 вида всеядных нематод: *E. pectinatus*, *O. domesticus* и *Trileptium* sp.



Рис. 6. Трофическая структура нематофауны, составленная по классификации W. Wieser, которая основана на строении ротовой полости нематод [1953]: 1A — избирательные детритофаги, ротовая полость отсутствует; 1B — неселективные детритофаги, ротовая полость без вооружения; 2A — соскребыватели с развитой ротовой полостью, вооружённой склеротизированными зубчиками или пластинами; 2B — всеядные/хищники с большой ротовой полостью, вооружённой мощными зубами, челюстями и онхами

Fig. 6. Trophic structure of the nematofauna compiled according to W. Wieser classification based on the structure of the oral cavity of nematodes [1953]: 1A, deposit feeders, with no buccal armature; 1B, non-selective deposit feeders, oral cavity without weapons; 2A, epistratum feeders with a developed oral cavity surrounded by sclerotized teeth or plates; 2B, omnivores/predators with a large oral cavity armed with powerful teeth, jaws, and onchas

Преобладающими трофическими группами в 2021 г. были неизбирательные детритофаги (1B) и соскребыватели (2A), на доли которых приходилось 44 и 36 % соответственно (рис. 6). Кроме того, в некоторых пробах станций 2021 и 2022 гг. полностью отсутствовали селективные (избирательные) детритофаги (1A), что отразилось на индексе трофического разнообразия 1 – *ITD* (табл. 3). Его минимальные значения зафиксированы на станциях 2022 г., где преобладающей трофической группой, с долей 81 %, были неизбирательные детритофаги (1B) (рис. 6). Среди исследуемых станций наивысшим трофическим разнообразием (все четыре типа питания были одинаково важны) характеризовалась st2_23 (рис. 6, табл. 3) со значением индекса 0,74 в 2023 г. В этот период отмечен рост роли селективных (избирательных) детритофагов (1A). Их доля составила 22 % (рис. 6, табл. 2), что на порядок выше значений в предыдущие годы.

Кластерный анализ показал, что нематоды характеризуются низким межвидовым и межстанционным сходством. Наибольшее сходство отмечено для двух станций 2022 г., st1_22 и st2_22 (до 60 %), а также между всеми станциями 2021 г. Проведённая классификация и ординация методом многомерного шкалирования (рис. 7) показали: станции объединяются в группы в соответствии с годом (со стрессовым значением 0,02). Эти данные и значения индексов указывают на изменчивый характер среды в разные годы (табл. 3).

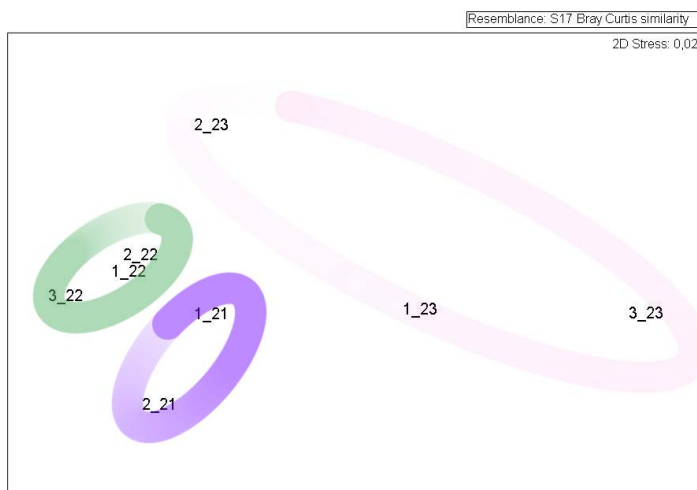


Рис. 7. Схема многомерного шкалирования (MDS) по видовому составу нематод

Fig. 7. Scheme of multidimensional scaling (MDS) by species composition of nematodes

Процедура BIOENV позволила рассмотреть абиотические переменные в различных комбинациях и определить наилучшее их сочетание, приблизительно объясняющее структуру нематоценов [Clarke, Gorley, 2006].

Гранулометрический состав грунта является основным фактором, влияющим на структуру сообщества нематоцена. Результаты анализа показали слабое положительное влияние (коэффициент корреляции Спирмена на уровне 0,31) (табл. 4) на распределение нематод в зависимости от преобладающей фракции грунта, которая в разные годы менялась от мелких песков до среднего гравия (см. табл. 1).

Таблица 4. Наилучшее сочетание абиотических переменных по результатам анализа BEST, разделённых по станциям (годам) с помощью процедуры LINKTREE

Table 4. The best combination of abiotic variables according to results of the BEST analysis, with variables divided by station (year) using the LINKTREE procedure

Период	Коэффициент корреляции Спирмена	Сочетание переменных
Июль 2021 г.	0,31	fraction < 0,5 мм
Август 2022 г.	0,31	fraction ≥ 0,5 мм, C _{org} = 0,05 %
Август 2023 г.	0,3	fraction ≥ 1 мм, C _{org} = 0,05 %, S ₀ < 2

Примечание: fraction — преобладающая фракция грунта (см. табл. 1); C_{org} — содержание органического вещества; S₀ — коэффициент сортировки.

Note: fraction, predominant fraction of bottom sediment (see Table 1); C_{org}, organic matter content; S₀, sorting coefficient.

ОБСУЖДЕНИЕ

Видовое богатство в песчаной зоне верхнего горизонта сублиторали бухты Триозерье формировали 33 вида. Эта бухта характеризовалась активной гидродинамикой, на глубинах до 1 м на поверхностный слой осадков приходилось наибольшее воздействие прилива, из-за чего распределение грунтов было неоднородным.

Постоянное перемешивание донных осадков обуславливает сокращение пищевых ресурсов и создаёт неблагоприятные условия для жизнедеятельности мейобентосных животных, поскольку мелким организмам сложно удерживаться на таком грунте [Гальцова, 1991]. Нередко таксономический состав мейобентоса, как и видовой состав нематод, беднее на мелководных участках, чем на относительно глубоководных [Павлюк и др., 2012].

Межгодовые изменения мейобентосного сообщества этой зоны характеризовались колебаниями биомассы и увеличением выровненности видовой структуры. За период исследований (2021–2023 гг.) зарегистрированы изменения в донных биоценотических комплексах в результате укрупнения фракций частиц песка и смена доминирующих форм в мейобентосе и нематофауне. Построенные кумулятивные кривые гранулометрического состава донных осадков (см. рис. 2) показали существенные различия между составом грунтов, а процедура BIOENV продемонстрировала непосредственное влияние параметров грунта на нематоцены бухты.

Известно, что мейобентос распределён неравномерно даже в тех грунтах, которые на первый взгляд кажутся однородными, поскольку в визуальном однородных донных отложениях происходят мелкомасштабные изменения физических условий среды [Гальцова, 1991; Чесунов, 2006]. Гетерогенность среды формируется прежде всего микрорельефом морского дна и зависит от характера распределения пищевого материала [Гальцова, 1991]. Нематоцены в разные годы различны по динамике, а смена типов грунтов обуславливает смену доминирующих видов нематод.

Отбор проб в бухте Триозерье в 2023 г. проходил в условиях продолжительных дождей и сильного волнения, оказавших влияние на состав мейобентоса. Кроме того, обильные осадки на приливных отмелях вызвали резкие изменения солёности, простимулировав миграцию в более глубокие слои грунта и увеличение численности эвригалинных видов нематод, что подтверждают данные литературы [Steyaert et al., 2001].

Доминирование на станциях в 2023 г. таких таксонов мейобентоса, как *Turbellaria* на ст. st1_23 и *Annelida* на ст. st2_23 (см. рис. 3), отмечено для грунтов с преобладающей размерной фракцией от 0,5 до 5 мм (крупный песок — средний гравий) (см. табл. 1). Как показано в региональных исследованиях, основную роль в сообществах мейофауны начинают играть другие группы — олигохеты, турбеллярии, полихеты и немертины; также может расти значение личинок макробентоса [Мокиевский, 2009; Удалов, Бурковский, 2002; Удалов и др., 2005; Giere, 2009; Gowing, Hulings, 1976; McLachlan, 1985]. Нематоды *D. normandicum* в бухте Триозерье были зарегистрированы с постоянно высокой плотностью поселения на всех станциях. Отмечена существенная роль нематод родов *Ascolaimus*, *Axonolaimus* и *Enoplolaimus* в мелких песках. На песчаных пляжах нематоды семейства *Hyalidae* часто входят в число наиболее распространённых таксонов; обычно оно представлено более чем одним родом (наиболее характерны *Daptonema*, *Theristus* и *Metadesmolaimus*), а некоторые роды при этом — несколькими видами [Fadeeva, Karpova, 2024; Gheskiere et al., 2005; Heip et al., 1985; Lee, Riveros, 2012; Nicholas, Hodda, 1999]. В литературе значимое положение этих родов связывают с высокой концентрацией органического вещества — на уровне 0,5–2 % [Gheskiere et al., 2005; Maria et al., 2012], однако виды, обнаруженные в бухте Триозерье, обитали при относительно низком его содержании — в пределах 0,03–0,05 %.

Плотность поселения и биомасса нематод сократились в 10 раз за период с 2021 по 2023 г. По результатам применения ABC-метода показано, что в бухте Триозерье кривые биомасс располагались над кривыми численности, а значения *W*-статистики с 2021 г. выросли в 5 раз. Сообщество считается ненарушенным, когда ABC-кривая биомассы располагается целиком над кривой плотности поселения. Между тем с повышением стрессового давления среды кривые биомассы и численности сближаются друг с другом и могут перекрещиваться; возможна и ситуация, при которой кривая численности целиком находится над кривой биомассы, при этом значения *W*-статистики снижаются до минимальных [Шитиков, Головатюк, 2013; Warwick, Clarke, 1994].

Известно, что в сообществах, подверженных физическому стрессу, преобладают мелкие многочисленные организмы с большой плодовитостью и малой продолжительностью жизни (г-стратегии), а в относительно благополучных сообществах доминируют крупные немногочисленные организмы с малой плодовитостью и большей продолжительностью жизни (К-стратегии) [Warwick, Clarke, 1994].

Результаты, полученные при применении АВС-метода, выявили в бухте Триозерье преобладание по биомассе крупных видов, а по численности — мелких. Особенно высока роль крупной нематоды *P. proprius*, размеры которой в 4 раза превышают размеры самого многочисленного вида в бухте — *D. normandicum*. Эти данные подтверждаются низкими значениями индексов разнообразия и *ITD* (см. табл. 3) и наличием выраженных доминантов в нематоцене в 2022 г. К основным причинам перестроек в видовой структуре нематоцены в изученный период следует отнести изменение динамики плотности поселения и пространственного распределения отдельных массовых видов нематод, а также изменчивость климато-гидрологических факторов регионального масштаба.

Заключение. За короткий период наблюдений в бухте Триозерье в песчаных биотопах мелководья выявлена типичная псаммофильная фауна, сходная на родовом уровне с таковой в других регионах. В течение трёх лет (с 2021 по 2023 г.) в мейобентосе происходили структурные изменения в составе и соотношении таксонов высокого ранга и массовых видов в зависимости от гидродинамического и солевого режима. В нематофауне менялся качественный и количественный состав, происходила смена доминантных форм. Характерная для современного периода изменчивость структуры мейобентосного сообщества также была обусловлена циклами развития и миграциями организмов в более глубокие и стабильные по условиям слои грунта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Арзамасцев И. С., Преображенский Б. В. *Атлас подводных ландшафтов Японского моря*. Москва : Наука, 1990. 224 с. [Arzamastsev I. S., Preobrazhensky B. V. *Atlas of Underwater Landscapes of Sea of Japan*. Moscow : Nauka Publishers, 1990, 224 p. (in Russ.)]. <https://elibrary.ru/toigon>
2. Архивы погоды // *Погода и климат* : [сайт], 2024. [Arkhiyvy pogody. In: *Pogoda i klimat* : [site], 2024. (in Russ.)]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/archive.php> [accessed: 29.03.2024].
3. Безруков П. Л., Лисицын А. П. Классификация осадков современных морских водоёмов // *Труды Института океанологии*. 1960. Т. 32. С. 3–14. [Bezrukov P. L., Licitzin A. P. Classification of bottom sediments in recent marine basins. *Trudy Instituta okeanologii*, 1960, vol. 32, pp. 3–14. (in Russ.)]
4. Гальцова В. В. Мейобентос в морских экосистемах (на примере свободноживущих нематод) // *Труды Зоологического института АН СССР*. 1991. Т. 224. 240 с. [Galtsova V. V. Meiobenthos in marine ecosystems (with special reference to freeliving nematodes). *Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR*, 1991, vol. 224, 240 p. (in Russ.)]
5. ГОСТ 12536-2014. *Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава* : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утверждён и введён в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12.12.2014 № 2022-ст : взамен ГОСТ 12536-79 : дата введения 01.07.2015 / разработан Открытым акционерным обществом «Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве» (ОАО «ПНИИИС»). Москва : Стандартинформ, 2015. 20 с. [GOST 12536-2014. *Soils. Methods of Laboratory Granulometric (Grain-size) and Microaggregate Distribution* : national'nyi standart Rossiiskoi Federatsii : izdanie ofitsial'noe : utverzhden i vveden v deistvie Priказом Federal'nogo agenstva po tekhnicheskemu regulirovaniyu i metrologii ot 12.12.2014 No. 2022-st : vzamen GOST 12536-79 : data

- vvedeniya 01.07.2015 / razrabotan Otkrytym aktsionernym obshchestvom "Proizvodstvennyi i nauchno-issledovatel'skii institut po inzhenernym izyskaniyam v stroitel'stve" (ОАО "ПНИИС"). Moscow : Standartinform, 2015, 20 p. (in Russ.)]
6. ГОСТ 26213-91. *Почвы. Методы определения органического вещества* : взамен ГОСТ 26213-84; введен 01.07.1993. Москва : Издательство стандартов, 1992. 8 с. [GOST 26213-91. *Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva* : vzamen GOST 26213-84; vveden 01.07.1993. Moscow : Izdatel'stvo standartov, 1992, 8 p. (in Russ.)]
 7. Кулепанов В. Н., Соколенко Д. А., Власенко Р. В. Состояние зарослей массовых видов макрофитов в прибрежье Приморья (Японское море) // *Рациональная эксплуатация водных биологических ресурсов* : материалы международной научно-технической конференции, Владивосток, 26–27 октября 2023 г. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2023. С. 59–65. [Kulepanov V. N., Sokolenko D. A., Vlasenko R. V. The state of thickets of mass species of macrophytes in the coastal region of Primorye. In: *Ratsional'naya ekspluatatsiya vodnykh biologicheskikh resursov* : materialy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Vladivostok, 26–27 oktyabrya 2023 g. Vladivostok : Dal'rybvutuz, 2023, pp. 59–65. (in Russ.)]. <https://elibrary.ru/cfyqah>
 8. Мануйлов В. А. *Подводные ландшафты залива Петра Великого*. Владивосток : Изд-во Дальневосточного университета, 1990. 168 с. [Manuilov V. A. *Podvodnye landshafty zaliva Petra Velikogo*. Vladivostok : Izd-vo Dal'nevostochnogo universiteta, 1990, 168 p. (in Russ.)]
 9. Мокиевский В. О. *Экология морского мейобентоса*. Москва : Тов-во научных изданий КМК, 2009. 286 с. [Mokievsky V. O. *Ekologiya morskogo meiobentosa*. Moscow : KMK Scientific Press, 2009, 286 p. (in Russ.)]. <https://elibrary.ru/qksklt>
 10. Павлюк О. Н. Мейобентос бухт острова Фуругельма и бухты Сивучья (залив Петра Великого Японского моря) // *Биология моря*. 2004. Т. 30, № 3. С. 183–190. [Pavlyuk O. N. Meiobenthos of bays of Furugelm Island and Sivuchya Bight (Peter the Great Bay, Sea of Japan). *Biologiya morya*, 2004, vol. 30, no. 3, pp. 183–190. (in Russ.)]. <https://elibrary.ru/ebrowdf>
 11. Павлюк О. Н., Требухова Ю. А., Пропп Л. Н. Межгодовые изменения в структуре сообществ мейобентоса в бухте Бойсмана залива Петра Великого (Японское море) // *Биология моря*. 2012. Т. 38, № 6. С. 428–439. [Pavlyuk O. N., Trebukhova Yu. A., Propp L. N. Interannual variations of the meiobenthic community structure in Boisman Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan). *Biologiya morya*, 2012, vol. 38, no. 6, pp. 428–439. (in Russ.)]. <https://elibrary.ru/pjgzbn>
 12. Петелин В. П. *Гранулометрический анализ морских донных осадков*. Москва : Наука, 1967. 128 с. [Petelin V. P. *Granulometricheskii analiz morskikh donnykh osadkov*. Moscow : Nauka, 1967, 128 p. (in Russ.)]
 13. Преображенский Б. В., Жариков В. В., Дубейковский Л. В. *Основы подводного ландшафтоведения (управление морскими экосистемами)*. Владивосток : Дальнаука, 2000. 352 с. [Preobrazhensky B. V., Zharikov V. V., Dubeikovskiy L. V. *Basics of Underwater Landscape Studies (Management of Marine Ecosystems)*. Vladivostok : Dal'nauka, 2000, 352 p. (in Russ.)]. <https://elibrary.ru/tvbslt>
 14. Смирнова Е. В. *Структура и динамика сообществ песчаных грунтов прибрежной мелководной зоны северо-западной части Японского моря* : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Дальневосточный федеральный университет. Владивосток, 2012. 128 с. [Smirnova E. V. *Struktura i dinamika soobshchestv peschanykh gruntov pribrezhnoi melkovodnoi zony severo-zapadnoi chasti Yaponskogo morya*. [dissertation] / Dal'nevostochnyi federal'nyi universitet. Vladivostok, 2012, 128 p. (in Russ.)]. <https://elibrary.ru/qfylvh>
 15. Смирнова Е. В., Фадеева Н. П. Распределение интерстициальной фауны в морских песках мелководной зоны открытых бухт залива Петра Великого, Японское море // *Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана* : материалы II Международной конференции, Владивосток, 22–24 мая 2012 г. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2012. С. 436. [Smirnova E. V., Fadeeva N. P. Raspre-delenie interstitsial'noi fauny v morskikh peskakh melkovodnoi zony otkrytykh bukht zaliva Petra Velikogo, Yaponskoe more. In: *Aktual'nye problemy osvoeniya biologicheskikh resursov Mirovogo okeana* : materialy II Mezhdunarodnoi

- konferentsii, Vladivostok, 22–24 maya 2012 g. Vladivostok : Dal'rybvtuz, 2012, pp. 436. (in Russ.)]
16. Требухова Ю. А., Павлюк О. Н. Видовой состав и распределение свободноживущих морских нематод в заливе Восток Японского моря // *Биология моря*. 2006. Т. 32, № 1. С. 8–16. [Trebukhova Yu. A., Pavlyuk O. N. Species composition and distribution of free-living marine nematodes in Vostok Bay, Sea of Japan. *Biologiya morya*, 2006, vol. 32, no. 1, pp. 8–16. (in Russ.)]. <https://elibrary.ru/hzjjvd>
 17. Удалов А. А., Бурковский И. В. Роль мезобентоса в размерной структуре литоральной экосистемы // *Океанология*. 2002. Т. 42, № 4. С. 527–536. [Udalov A. A., Burkovskii I. V. The role of the mesobenthos in the size structure of an intertidal ecosystem. *Okeanologiya*, 2002, vol. 42, no. 4, pp. 527–536. (in Russ.)]
 18. Удалов А. А., Мокиевский В. О., Чертопруд Е. С. Влияние градиента солёности на распределение мейобентоса в эстуарии реки Чёрная (Белое море) // *Океанология*. 2005. Т. 45, № 5. С. 719–727. [Udalov A. A., Mokievskii V. O., Chertoprud E. S. Influence of the salinity gradient on the distribution of meiobenthos in the Chernaya River estuary (White Sea). *Okeanologiya*, 2005, vol. 45, no. 5, pp. 719–727. (in Russ.)]. <https://elibrary.ru/hrwtep>
 19. Фадеева Н. П. Распределение свободноживущих нематод в районе бухты Киевки // *Биологические исследования бентоса и обрастания в Японском море*. Владивосток : ДВО АН СССР, 1991. С. 66–84. [Fadееva N. P. Raspredelenie svobodnozhivushchikh nematod v raione bukhty Kievki. In: *Biologicheskie issledovaniya bentosa i obrastaniya v Yaponskom more*. Vladivostok : DVO AN SSSR, 1991, pp. 66–84. (in Russ.)]
 20. Чесунов А. В. *Биология морских нематод*. Москва : Тов-во научных изданий КМК, 2006. 367 с. [Chesunov A. V. *Biologiya morskikh nematod*. Moscow : KMK Scientific Press, 2006, 367 p. (in Russ.)]. <https://elibrary.ru/otyhal>
 21. Численко Л. Л. *Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела (морской мезобентос и планктон)*. Ленинград : Наука, Ленингр. отд-ние, 1968. 106 с. [Chislenko L. L. *Nomogrammy dlya opredeleniya vesa vodnykh organizmov po razmeram i forme tela (morskoï mezobentos i plankton)*. Leningrad : Nauka, Leningrad. otd-nie, 1968, 106 p. (in Russ.)]
 22. Шитиков В. К., Головатюк Л. В. ABC-метод и специфика доминирования видов в донных речных сообществах // *Поволжский экологический журнал*. 2013. № 1. С. 088–097. [Shitikov V. K., Golovatyuk L. V. ABC method and the domination specificity of species in bottom river communities. *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal*, 2013, no. 1, pp. 088–097. (in Russ.)]. <https://elibrary.ru/qzbzmp>
 23. Clarke K. R. Comparisons of dominance curves. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1990, vol. 138, iss. 1–2, pp. 143–157. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(90\)90181-B](https://doi.org/10.1016/0022-0981(90)90181-B)
 24. Clarke K. R., Gorley R. N. *PRIMER v6: User Manual. Tutorial*. Plymouth : PRIMER-E, 2006, 190 p.
 25. Fadeeva N. P., Karpova A. A. New species of *Metadesmolaimus*, *Rhynchonema* and *Gairleanema* (Nematoda) from the sandy beaches of the Sea of Japan. *Zootaxa*, 2024, vol. 5537, no. 1, pp. 115–132. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5537.1.6>
 26. Gheskiere T., Vincx M., Urban-Malinga B., Rossano C., Scapini F., Degraer S. Nematodes from wave-dominated sandy beaches: Diversity, zonation patterns and testing of the isocommunities concept. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2005, vol. 62, iss. 1–2, pp. 365–375. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2004.09.024>
 27. Giere O. *Meiobenthology. The Microscopic Motile Fauna of Aquatic Sediments*. 2nd edition. Berlin ; Heidelberg : Springer-Verlag, 2009, 538 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-68661-3>
 28. Gowing M. M., Hulings N. C. A spatial study of meiofauna on a sewage-polluted Lebanese sand beach. *Acta Adriatica*, 1976, vol. 18, pp. 341–363.
 29. Heip C. H. R., Vincx M., Vranken G. The ecology of marine nematodes. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 1985, vol. 23, pp. 399–489.
 30. Lee M. R., Riveros M. Latitudinal trends in the species richness of free-living marine nematode assemblages from exposed sandy beaches along the coast of Chile (18–42 °S). *Marine Ecology*, 2012, vol. 33, iss. 3, pp. 317–325. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0485.2011.00497.X>

31. Maria T. F., Vanaverbeke J., Esteves A. M., De Troch M., Vanreusel A. The importance of biological interactions for the vertical distribution of nematodes in a temperate ultra-dissipative sandy beach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2012, vol. 97, pp. 114–126. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.11.030>
32. McLachlan A. The ecology of two sandy beaches near Walvis Bay. *Madoqua*, 1985, vol. 14, no. 2, pp. 155–163.
33. Nicholas W. L., Hodda M. Free-living nematodes of a temperate, high-energy sandy beach: Faunal composition and variation over space and time. *Hydrobiologia*, 1999, vol. 394, pp. 113–127. <https://doi.org/10.1023/A:1003544115600>
34. Steyaert M., Herman P. M. J., Moens T., Widows J., Vincx M. Tidal migration of nematodes on an estuarine tidal flat (the Molenplaat, Schelde Estuary, SW Netherlands). *Marine Ecology Progress Series*, 2001, no. 224, pp. 299–304. <https://doi.org/10.3354/meps224299>
35. Trask P. D. *Origin and Environment of Source Sediments in Petroleum*. Houston : Gulf Publishing Company, 1932, 324 p.
36. Warwick R. M., Clarke K. R. Relearning the ABC: Taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities. *Marine Biology*, 1994, vol. 118, iss. 4, pp. 739–744. <https://doi.org/10.1007/BF00347523>
37. Wieser W. Die Beziehung zwischen Mundhöhlengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden: eine ökologisch-morphologische Studie. *Arkiv för Zoologi*, 1953, vol. 2, pp. 439–484.

INTERANNUAL CHANGES IN THE STRUCTURE OF MEIOBENTHOS IN SANDY SHALLOWS OF THE TRIOZERYE BAY (SEA OF JAPAN)

A. Karpova^{1,2} and N. Fadeeva¹

¹Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation

²A. V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, FEB RAS, Vladivostok, Russian Federation
E-mail: lyuney@gmail.com

This paper is the first one to provide results of the study on the dynamics of biological parameters of the meiobenthos within the coastal strip of sandy sediments in the Triozerye Bay (Sea of Japan) in July–August 2021–2023. During the investigation, 20 taxa of the meiofauna were registered, with the basis formed by representatives of Harpacticoida, Nematoda, Copepoda, Turbellaria, Gastrotricha, Annelida, Halacaridae, and Ostracoda. The nematofauna mostly covered free-living nematodes *Daptonema normanicum*, *Enoplolaimus pectinatus*, *Metadesmolaimus innii*, and *Parascolaimus proprius*. In general, the structure of qualitative and quantitative indicators of meiobenthos and nematofauna changed annually due to fluctuations in the grain size distribution of bottom sediments.

Keywords: Sea of Japan, interannual changes, grain size distribution, organic matter, meiobenthos, nematofauna