

УДК 574.587

Е.В. СмирноваДальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б**ИНТЕРСТИЦИАЛЬНАЯ ФАУНА ПЕСЧАНЫХ МЕЛКОВОДИЙ
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ**

Приводятся результаты исследования состава интерстициальной фауны мелководной зоны побережья Приморья и влияния на нее внешних факторов. Материалами для работы послужили пробы мейобентоса, отобранные на песчаных мелководьях 11 бухт Японского моря, на участке от зал. Китовый до зал. Владимира. Выяснено, что в составе мейофауны песчаных грунтов мелководной зоны исследуемого района не формируется специфических сезонных комплексов. Сроки появления молоди макробентоса в песчаных грунтах в целом соответствуют срокам оседания личинок макробентосных животных. Обнаруженное соотношение постоянного и временного компонентов мейофауны является характерным для интерстициальной фауны. Наибольшее влияние на динамику количественных характеристик мейофауны исследованного района оказывает температура воды.

Ключевые слова: мейобентос, интерстициальная фауна, молодь макробентоса.

E. V. Smirnova**INTERSTITIAL FAUNA OF THE SHALLOW COASTAL
SANDBANKS NORTHWEST SEA OF JAPAN**

The paper presents results of a study of interstitial fauna of the shallow coastal zone of Primorye and the external factors impact. The materials for the work were the samples Meiobenthos selected on the sandy shallows of 11 bays Sea of Japan at the site of the Whale bay to the Vladimir bay . It was found that in the meiofauna of sandy soils shallow zone of the study area does not form specific seasonal complexes . Terms of occurrence of juvenile macrobenthos in sandy soils generally correspond to the terms of settling macrobenthic animals larvae . The observed ratio of permanent and temporary components of meiofauna is characteristic of interstitial fauna. The greatest influence on the dynamics of the quantitative characteristics of meiofauna the study area has a water temperature.

Key words: meiobenthos interstitial fauna, juvenile macrobenthos.

Введение

Состав и количественное распределение бентоса в прибрежной зоне зависит, в первую очередь, от открытости прибою и характера грунта [6, 9]. Характер песчаных биотопов на мелководьях определяется преимущественно гидродинамическим режимом акватории. Интерстициальная система (совокупность пространств между песчинками) подвержена циклическим изменениям, связанным с штормами/штилем, приливными, суточными и сезонными циклами.

Интерстициальная система населена специализированной жизненной формой (или спектром жизненных форм) микроскопических животных, обладающих набором сходных адаптаций для жизни в капиллярных пространствах между песчинками: интерстициальной фауной [4]. Кроме того, существует более широкое понятие, применяемое для обозначения микроскопических многоклеточных, населяющих различные биотопы (илы, пески, макрофиты, поселения макрозообентоса и т.д.) – мейобентос или мейофауна [1, 3, 4]. Поскольку в настоящей работе речь идет о мейофауне песчаных мелководий северо-западной части Японского моря, оба термина употребляются как синонимы.

У мейобентоса сезонные изменения происходят за счет в основном внутренних ресурсов сообщества, роль иммиграции извне незначительна. У них нет пелагической стадии, перенос с частицами грунта и на плавающих водорослях вместе с приливом не слишком эффективен. В каждый момент времени численность входящих в сообщество видов есть, главным образом, результат их развития в прошлом в пределах данного биотопа [2]. Моря умеренных широт представляют особый интерес для изучения мейобентоса на песчаном мелководье, поскольку цикличность внешних условий здесь выражена наиболее ярко и на население влияют как резкие перепады температуры, так и другие факторы, подверженные сезонным изменениям: ледовый покров, кислородный режим в грунте, опреснение интерстициальной воды, волнение, доступность пищи и пресс хищников.

Для понимания закономерностей формирования структуры экосистем песчаных мелководий необходимо установление особенностей сезонной динамики видов, имеющих высокую численность и определяющих структуру и количественное развитие сообществ.

В бентосной экологии зависимость распределения и обилия организмов от внешних факторов имеет длительную историю изучения [9]. Однако из-за сложности исследования биологии и экологии мейобентосных животных работы такого плана немногочисленны, и каждая из них имеет более чем частный или региональный характер.

В данной работе приводятся результаты исследования состава интерстициальной фауны мелководной зоны побережья Приморья и влияния на нее внешних факторов.

Объекты и методы исследований

Материалами для работы послужили сборы проб мейобентоса, которые проводились в 2007-2011 гг. в рамках программы комплексных исследований сообществ песчаных мелководий Японского моря.

Для исследования таксономического состава и мейобентоса различных удаленных друг от друга акваторий использован материал, отобранный на песчаных мелководьях 11 бухт на участке от зал. Китовый (зал. Посыета) до зал. Владимира (таблица) в летний период.

Круглогодичные исследования таксономического состава, сезонной динамики и межгодовых изменений плотности поселения мейобентоса проводились в течение трех лет в бухте Патрокл.

Пробы грунта для изучения мейобентоса собирались на станциях, расположенных в зоне действия прибойного потока. В летний период, при действии нагонных ветров, глубина в точке наблюдений составляла 0,7-1,2 м, в осенне-зимний период, при сгонных ветрах – 0,5 м. Отбор проб производился преимущественно в отлив, при отсутствии волнения. Пробы собирали при помощи водолазного дночерпателя с площадью захвата 40 см². Для изучения мейобентоса из монолита грунта трубчатым пробоотборником высотой 5 см, диаметром 5 см (площадь вырезания 20 см²) отбирали 3 параллельные пробы. При проведении сезонных наблюдений пробы отбирались ежемесячно. Всего собрано и обработано качественных и количественных 236 проб мейобентоса.

Измерение температуры и солености придонного слоя воды проводилось с помощью гидрологического зонда ЕС МЕТЕР СМ-21Р параллельно с отбором проб грунта при выполнении круглогодичных наблюдений. В 2007-2008 гг. в бухте Патрокл измерялась температура воды и исследуемого слоя грунта. Оценивалась степень волнения, сила и направление ветра, таксономический состав и количество макробентоса в районе работ.

Гидрологические сезоны выделялись в соответствии с температурными условиями придонного слоя воды исследуемых участков акватории: зима – период отрицательных значений температуры (вторая половина декабря – первая половина марта); весна – температура воды от 0 до +15 °С (вторая половина марта – первая половина июня); лето – температура воды выше +15 °С (вторая половина июня – первая половина сентября); осень – температура воды от +15 до 0 °С (вторая половина сентября – первая половина декабря).

Месторасположения станций и объем использованного материала Stations location and the amount of material

Район сбора проб	Координаты	Количество проб
Бухта Песчаная (зал. Китовый)	42°60' с.ш. 131°14' в.д.	24
Бухта Бойсмана	42°45' с.ш. 131°16' в.д.	9
Бухта Пограничная	43°28' с.ш. 131°42' в.д.	21
Бухта Патрокл (пролив Босфор Восточный)	43°08' с.ш. 131°95' в.д.	164
Бухта Лазурная	43°19' с.ш. 132°11' в.д.	3
Бухта Рифовая	42°85' с.ш. 132°61' в.д.	6
Бухта Прибойная (зал. Восток)	42°87' с.ш. 132°7' в.д.	3
Бухта Киевка	42°84' с.ш. 133°68' в.д.	3
Бухта Соколовского (о-в Петрова)	42°89' с.ш. 133°79' в.д.	3
Зал. Владимира (бухта Южная)	43°74' с.ш. 135°49' в.д.	3
Зал. Ольги	43°71' с.ш. 135°26' в.д.	3
Всего		236

Среднее значение обилия и плотность поселения организмов на единицу площади рассчитывались для трех параллельных проб. Ошибку средних значений вычисляли через нормированное стандартное отклонение.

Результаты и их обсуждение

В ходе проведенных исследований в морских песках мелководной зоны материкового побережья северо-западной части Японского моря найдены представители 18 таксономических групп бентоса различного ранга (рис. 1).

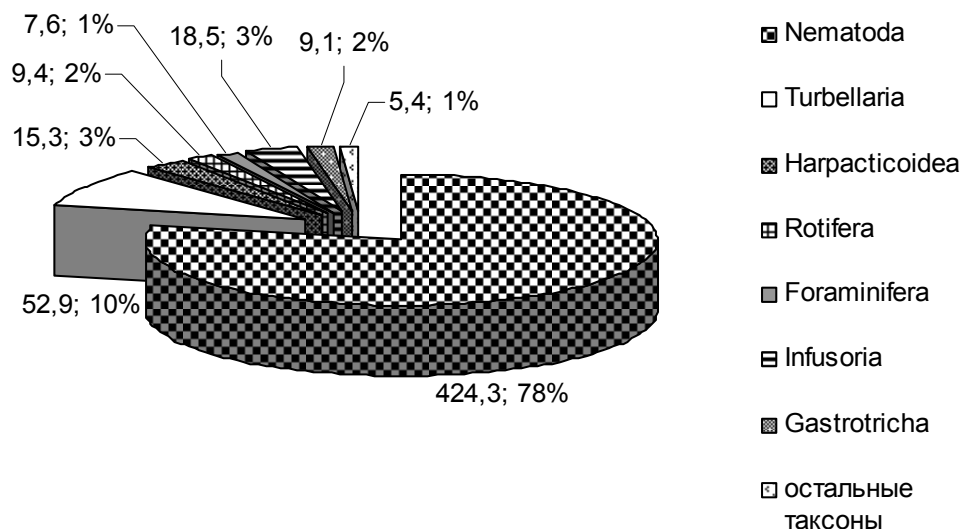


Рис. 1. Процентное соотношение интерстициальной фауны в морских песках исследуемого района
Fig. 1. The percentage of interstitial fauna in the marine sands of the study area

В составе мейофауны зарегистрированы 13 таксонов постоянных компонентов мейофауны (инфузории, фораминиферы, нематоды, гарпактициды, остракоды, Turbellaria, nemertini, kinorhynchs, halacarides, priapulida) макрофауны – 5 таксонов макробентоса (полихеты, двустворчатые и брюхоногие моллюски, иглокожие, амфиподы, декаподы). В составе псевдомейобентоса отмечалась молодь полихет, двустворчатых и брюхоногих моллюсков. Макрофитов в исследуемом диапазоне глубин не отмечено.

Единственным таксоном, встречавшимся на всех станциях и составлявшим от 75,8 до 87,0 % от общего количества мейобентоса, являлись свободноживущие нематоды. Вторая по обилию группа мейобентоса – турбеллярии. Остальные систематические группы беспозвоночных составляли 1-2 % от общей плотности поселения мейофауны.

Единично отмечены равноногие раки, галакариды, гастротрихи и коловратки. Таксоны *Gastrotricha*, *Turbellaria*, *Rotifera* и *Harpacticoida* крайне слабо изучены в Дальневосточном регионе.

Таксономическое разнообразие было подвержено сезонным и межгодовым изменениям (рис. 2-4). Круглогодично в составе интерстициальной фауны присутствовали четыре группы беспозвоночных: нематоды, турбеллярии, гарпактициды и молодь полихет. Исключительно при положительной температуре воды встречались фораминиферы, коловратки, галакариды, молодь двустворчатых и брюхоногих моллюсков.

Минимальное число таксонов отмечалось зимой. При этом в зимний период 2007-2008 гг. отмечено вдвое большее количество систематических групп, по сравнению с зимними сезонами 2008-2009 и 2009-2010 гг. (рис. 2-4).

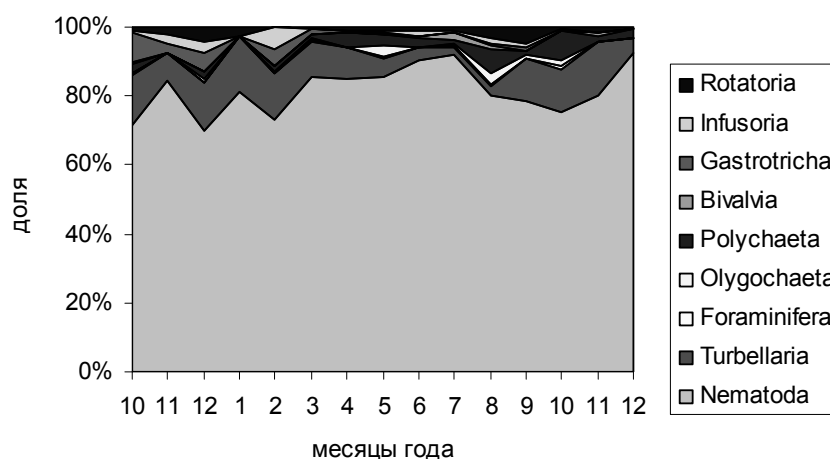


Рис. 2. Изменения соотношения основных таксономических групп мейофауны в морских песках осенью 2007 и в течение 2008 гг.

Fig. 2. Changes of meiofauna major tanksons ratio in marine sands of the fall of 2007 and during 2008

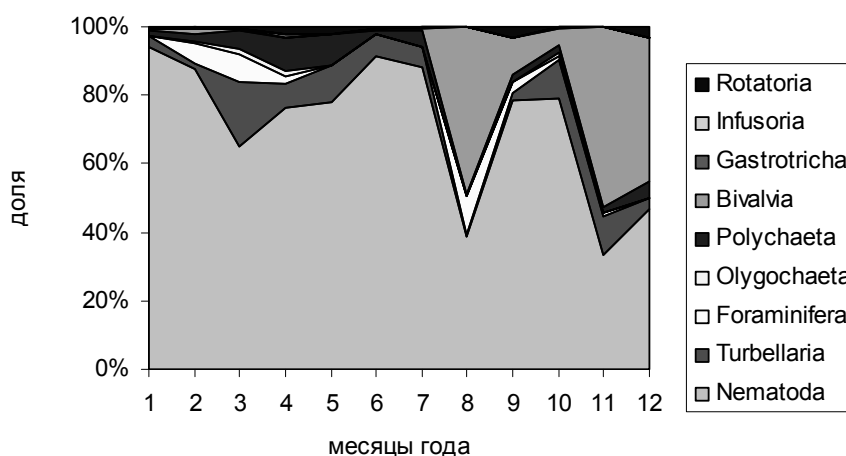


Рис. 3. Изменения соотношения основных таксономических групп мейофауны в морских песках в течение 2009 г.

Fig. 3. Changes of meiofauna major tanksons ratio in marine sands in 2009

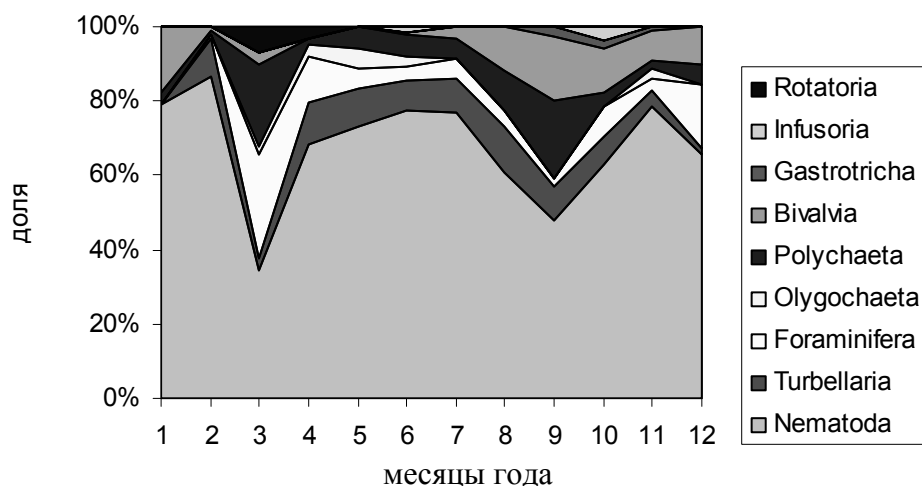


Рис. 4. Изменения соотношения основных таксономических групп мейофауны в морских песках бухты Патрокл в течение 2010 г.

Fig. 4. Changes of meiofauna major taxons ratio in marine sands in 2010

Весной наблюдалось увеличение количества таксономических групп мейобентоса. Летний таксономический состав был наиболее разнообразен. После начала строительных работ на берегу бухты Патрокл в составе эвмейобентоса этой бухты с ноября 2009 г. по декабрь 2010 г. выявлено всего 6 таксонов мейофауны из ранее зарегистрированных 10.

Подобное соотношение таксономических групп достаточно часто наблюдается на песчаных прибрежных мелководьях открытого побережья умеренных широт.

На илистых грунтах нематоды составляют до 90 % от общего количества мейобентоса, на песчаных грунтах доля нематод обычно составляет 70-80 %. Турбеллярии обычно являются второй либо третьей по обилию группой в составе мейобентоса прибрежной зоны и преобладают в основном на хорошо аэрированных прибойных побережьях [4].

Таким образом, фауна исследованных акваторий являлась типичной интерстициальной.

Достаточно высокое значение коэффициента межвидового сходства Серенсена-Чекановского ($K = 0,8$) показало, что в течение всего периода исследования организмы относились к одному сообществу. Несмотря на существующие сезонные и межгодовые различия специфических сезонных комплексов в составе мейофауны, песчаных грунтов мелководной зоны исследуемого района не формируется.

В условиях песчаного мелководья эвмейобентос играл ведущую роль, на его долю приходилось 83 %, псевдомейобентос составил 17 % от общей плотности мейофауны. В зимний и весенний периоды доля молодежи макробентосных беспозвоночных не превышала 7 %, в составе псевдомейобентоса преобладала молодежь полихет и брюхоногих моллюсков.

Молодь полихет являлась массовой группой псевдомейобентоса в весенний период. В целом на долю полихет пришлось 2 % от общей численности мейобентоса (рис. 5). Пики отмечены в мае-июне (64 экз./10 см²). В остальные месяцы численность не превышала 3 экз./10 см². Личинки полихет в составе меропланктона встречаются круглогодично. Молодь полихет отмечалась в составе мейофауны круглогодично, с весенним пиком плотности, что соответствует характеру динамики пелагических личинок полихет, прослеженному В. Омеляненко [7]. В конце лета и осенью доля псевдомейобентоса возрастала за счет появления молодежи двустворчатых моллюсков. Так, в августе-сентябре 2009 г. доля молодежи *Bivalvia* достигла 20 % от общей плотности мейофауны и составила 165 экз./10см².

Личинки почти всех видов двухстворчатых моллюсков находятся в планктоне зал. Петра Великого в течение 4 мес., как правило, с июня по сентябрь. Именно в этот период наблюдается максимум видового богатства меропланктона. Личинки *Gastropoda* и *Polychaeta* встречаются в планктоне круглогодично. Минимальная численность меропланктона отмечается зимой (Касьянов и др., 1980; Омеляненко, 2005). Сроки появления молоди макробентоса в песчаных грунтах в целом соответствуют срокам оседания личинок макробентосных животных.

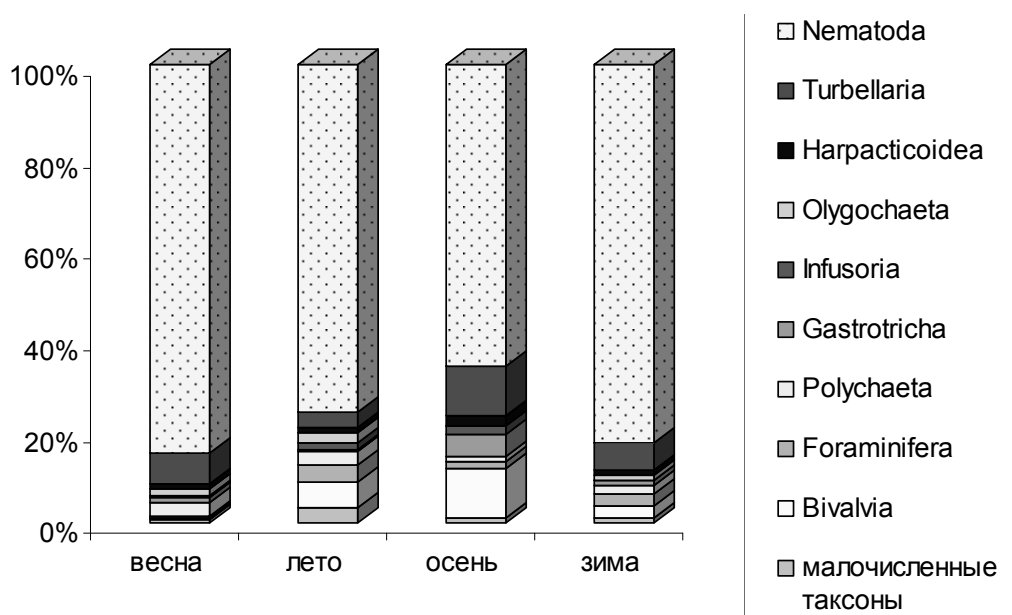


Рис. 5. Сезонные изменения соотношения массовых групп эв- и псевдомейобентоса в морских песках бухты Патрокл

Fig. 5. Seasonal changes in the ratio of mass groups pseudo- and evmeiobenthos in bay Patorkl marine sands

Известно, что в динамичных условиях песчаных прибойных пляжей, когда вся мейофауна является интерстициальной, временных форм немного, в то время как в мелкозернистых осадках защищенных бухт, псевдомейобентос может быть обилен в течение определенного сезона [10]. Эта закономерность распространяется и на прибрежную зону зал. Петра Великого. Так, в ктовой части Амурского зал. (зал. Угловое), на илистых грунтах, в летний период по плотности поселения и биомассе доминировал псевдомейобентос, среди которого преобладала молодежь амфипод [8]. Прослеженное нами соотношение постоянного и временного компонентов мейофауны является характерным для интерстициальной фауны.

При исследовании функциональных характеристик природных систем каждый изучаемый район определяется присущим только ему комплексом физико-географических характеристик. Непосредственное воздействие среды на организмы может быть оценено лишь исходя из опосредованного воздействия на микросреду животного менее специфических факторов среды [9].

Определяющими факторами, влияющими на динамику численности и состав мейобентоса, являются температурные и трофические условия. Изменения температуры влияют на вязкость поровой воды и тем самым на скорость потока и интенсивность капиллярных взаимодействий. Температура также влияет на темпы химических и биохимических процессов. Поскольку температура и соленость являются основными абиоти-

ческими факторами, определяющими пространственное и темпоральное распределение гидробионтов, в течение всего периода наблюдений отслеживалась динамика температурных и соленостных характеристик воды и грунта на мониторинговой станции в бухте Патрокл.

Анализ влияния температуры воды на количественные показатели мейофауны позволил выявить достоверную нелинейную зависимость обилия мейобентоса от температуры воды (рис. 6). В диапазоне значений температуры от -2 до $+10$ °C с повышением температуры воды наблюдается возрастающий тренд численности. При дальнейшем увеличении температуры тренд становится убывающим.

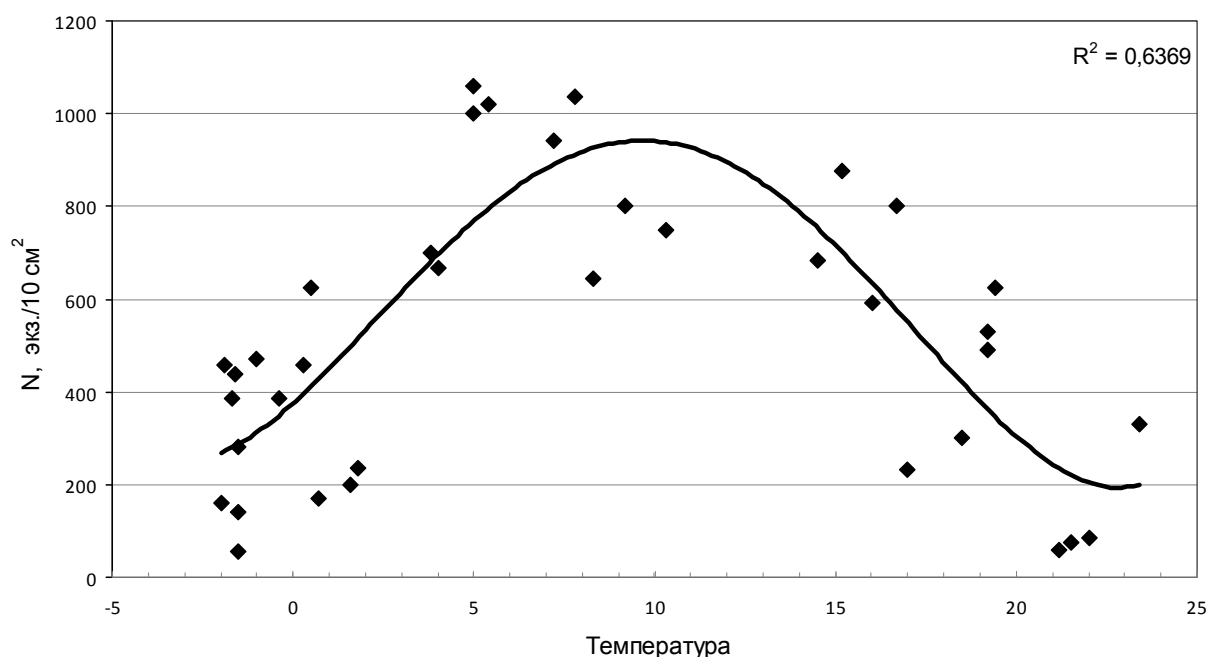


Рис. 6. Зависимость общей плотности поселения мейофауны от температуры воды
Fig. 6. The dependence of the meiofauna abundance from the water temperature

Зависимость плотности поселения мейобентоса от солености воды является недостоверной ($R^2 = 0,16$), поскольку в состав мейофауны прибрежной зоны входят преимущественно эвригалинные формы, и изменения солености в наблюдавшемся диапазоне незначимы для интерстициальных организмов. Данная особенность отмечена и для мейобентоса других районов [2, 3, 4]. Таким образом, наибольшее влияние на динамику количественных характеристик мейофауны исследованного района оказывает температура воды.

Выводы

1. В составе мейофауны песчаных грунтов мелководной зоны исследуемого района не формируется специфических сезонных комплексов.
2. Сроки появления молоди макробентоса в песчаных грунтах соответствуют срокам оседания личинок макробентосных животных.
3. Прослеженное соотношение постоянного и временного компонентов мейофауны является характерным для интерстициальной фауны.
4. Температура воды оказывает наибольшее влияние на динамику количественных характеристик мейофауны исследованного района.

Список литературы

1. Адрианов А.В. Современные проблемы изучения морского биологического разнообразия // Биол. моря. – 2004. – Т. 30, № 1. – С. 3-19.
2. Бурковский И.В. Морская биогеоценология. Организация сообществ и экосистем. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. – 285 с.
3. Гальцова. В.В. Мейобентос в морских экосистемах. – Л.: Академия наук СССР, 1991. – 240 с.
4. Мокиевский В.О. Экология морского мейобентоса. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2009. – 286 с.
5. Касьянов В.Л., Медведева Л.А., Яковлев С.Н., Яковлев Ю.М. Размножение иглокожих и двухстворчатых моллюсков. – М.: Наука, 1980. – С. 152-178.
6. Кусакин О.Г. Литоральные сообщества // Океанология. Биол. океана. Т. 2. – М.: Наука, 1977. – С. 111-133
7. Омеляненко В.А. Прибрежный меропланктон залива Петра Великого Японского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток: ИБМ ДВО РАН, 2006. – 23 с.
8. Павлюк О.Н., Требухова Ю.А., Белогурова Л.С. Влияние реки Раздольной на структуру сообщества морских свободноживущих нематод Амурского залива (Японское море) // Биол. моря. – 2007. – Т. 32, № 4. – С. 253-261.
9. Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 352 с.
10. Gallucci F., Steyaert M., Moens T. Can field distributions of marine predacious nematodes be explained by sediment constraints on their foraging success? – Mar. Ecol. Prog. Ser 304. – 2005. – P. 167-178.
11. McLachlan A., Brown A.C. The ecology of sandy shores // Academic Press, Oxford, Second Edition. – 2006. – 387 p.

Сведения об авторе: Смирнова Елена Валерьевна, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: smir.el.val@gmail.com.