

0- 795922

На правах рукописи

Смирнова Елена Валерьевна

**СТРУКТУРА И ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ
ПРИБРЕЖНОЙ МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЫ
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ**

03.02.08 - экология

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**



Владивосток – 2012

**Работа выполнена на кафедре экологии и в межфакультетской лаборатории
биологии морских беспозвоночных
ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет»**

Научный руководитель:

**доктор биологических наук,
доцент
Фадеева Наталья Петровна**

Официальные оппоненты:

**Раков Владимир Александрович
доктор биологических наук,
старший научный сотрудник, главный
научный сотрудник лаборатории
морской экотоксикологии ФГБУН
Тихоокеанский океанологический
институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН**

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КФУ



0000790891

**Требухова Юлия Анатольевна
кандидат биологических наук, научный
сотрудник лаборатории экологии бентоса
ФГБУН Института биологии моря
им. А.В. Жирмунского ДВО РАН**

Ведущая организация:

**ФГБУН Институт Океанологии
им. П.П. Ширшова РАН**

**Защита состоится «23» июня 2012 г. в часов на заседании диссертационного совета
Д 212.056.02 при ФГАОУ ВПО «Дальневосточный федеральный университет» по адресу:
690091, г. Владивосток, ул. Октябрьская, 27, ауд. 435**

**Отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 690091, г. Владивосток,
ул. Октябрьская, 27, каб. 417, кафедра экологии ШЕН ДВФУ.
Факс (423) 245-94-09 E-mail: marineecology@rambler.ru, res-water@yandex.ru**

**С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке ФГАОУ ВПО
«Дальневосточный федеральный университет»**

Автореферат разослан «22» мая 2012 г.

**Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук**

Ю.А. Галышева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Экосистемы морских песчаных грунтов, формирующиеся вдоль большей части береговой линии Мирового Океана и функционирующие как естественный биофильтр, изучены крайне слабо. Реализация долгосрочных программ мониторинга, которые количественно оценивают динамику ключевых экологических звеньев сообществ песчаных грунтов, являются приоритетными в прогнозировании глобальных изменений прибрежных экосистем (Deffeo et al., 2009).

Выявление факторов и механизмов организации прибрежных сообществ разновеликих групп организмов на примере открытых песчаных побережий умеренных широт в ходе многолетних циклических изменений структуры биологической системы имеет важное теоретическое и практическое значение. Вместе с тем, сравнительно невелико число исследований, содержащих обобщение и количественный анализ реальных данных по разновеликим группам бентосных организмов (Азовский, 2003; Бурковский, 2006; Мокиевский, 2009).

Наличие в морских песках токсичных видов микроводорослей представляет серьезную проблему, поскольку токсины водорослей микрофитобентоса морских прибрежных песков, передаваясь по трофической цепи (микроводоросли - мейобентос - рыбы /моллюски/ракообразные), могут попасть в пищеварительный тракт человека и вызвать серьезное отравление или симптомы респираторного заболевания. Изучение таксономического состава и распределения микрофито- и мейобентоса в различных по условиям районах мелководной зоны северо-западной части Японского моря, исследование факторов, влияющих на характер пространственного распределения, сезонной динамики и межгодовых изменений в структуре этих сообществ необходимы для оценки состояния и прогнозирования изменений экосистем морских песчаных грунтов в целом.

Структурная организация и пространственно-временная изменчивость интерстициальных сообществ песчаных мелководий, подверженных волновому воздействию, в Японском море практически не исследованы.

Целью настоящей работы является изучение структуры, сезонной и годовой динамики сообществ песчаных грунтов прибрежной мелководной зоны северо-западной части Японского моря. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Рассмотреть основные факторы, определяющие разнообразие и обилие интерстициальных организмов песчаных биотопов исследуемого района.
2. Оценить видовое богатство микро-, мейо- и макробентоса песчаных грунтов в мелководной зоне.
3. Проанализировать вдольбереговое распределение биоты песчаных грунтов прибрежной мелководной зоны исследуемого района, а также распределение мейофауны внутри отдельных акваторий.
4. Установить характер сезонной динамики и межгодовых изменений качественного состава и количественных показателей микрофито- и мейобентоса.
5. Описать особенности жизненных циклов и динамику численности доминирующих видов свободноживущих нематод, определяющих структуру интерстициального сообщества.

Научная новизна. Впервые составлен список видов бентосных организмов песчаных грунтов мелководной зоны побережья северо-западной части Японского моря, представленный 167 видами. Один вид свободноживущих нематод описан как новый для

науки. Предложена методика количественной оценки волнового воздействия на дно прибойной зоны песчаного побережья. Показано, что различия в составе и структуре интерстициального сообщества определяются, в основном, величиной гидродинамической нагрузки. Впервые проведено одновременное изучение сезонной динамики микрофито- и мейобентоса в морских песках.

Практическая значимость. Полученные данные могут стать основой для долговременного мониторинга прибрежных экосистем песчаных грунтов, а также быть использованы при подготовке экспертных заключений, требующих экологического обоснования. Результаты исследований могут быть включены в курсы лекций по экологии и гидробиологии высших учебных заведений. Коллекция мейофауны песчаных грунтов используется на практических занятиях у студентов Дальрыбвтуза и Дальневосточного федерального университета.

Защищаемые положения:

1. Величина гидродинамической нагрузки на интерстициальную среду определяется как потоком волновой энергии, так и уклоном дна. В прибрежных морских песках отдельных акваторий с увеличением интенсивности волнового воздействия происходит снижение плотности поселения мейофауны. Структура сообществ песчаных грунтов мелководной зоны акваторий, резко отличающихся по характеру гидродинамического режима, имеет наибольшие отличия.

2. Динамика количественных показателей интерстициального сообщества характеризуется наличием весенне-летнего и осеннего максимумов. Флуктуации плотности поселения организмов микрофито- и мейобентоса носят сходный циклический характер, обусловленный, в основном, синхронизирующим влиянием внешних воздействий.

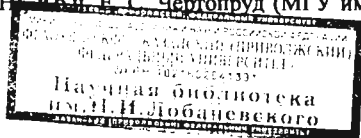
Личный вклад автора. Автором непосредственно выполнен отбор проб для изучения пространственного распределения микрофито- и мейобентоса, круглогодичный ежемесячный отбор проб для исследования сезонной и годовой динамики организмов, содержания хлорофилла-*a*, наблюдение за температурой и соленостью. Выполнена камеральная и статистическая обработка материалов; рассчитаны основные показатели, характеризующие гидродинамический режим исследуемых акваторий, содержание хлорофилла-*a* в грунте; проанализирован и обобщен материал по составу, распределению и динамике мейофауны и микроводорослей.

Апробация. Результаты исследований и основные положения докладывались на ежегодных региональных конференциях АЭМБТ ДВГУ (Владивосток, 2010, 2011), Всероссийской межвузовской конференции (Владивосток, 2009), на Международных конференциях Дальрыбвтуза (Владивосток, 2010, 2011, 2012), Международном нематодологическом конгрессе (Вьетнам, 2009), Международных совещаниях PICES (2008, 2009), семинарах лаборатории морских беспозвоночных и кафедры экологии ШЕН ДВФУ.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 работ.

Структура и объем работы Диссертация состоит из введения, 8 глав, выводов, списка литературы, включающего 152 источника, из которых 52 иностранные. Работа изложена на 124 страницах и содержит 5 таблиц и 37 рисунков. Приложение на шести страницах включает список видов и три рисунка.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю д.б.н. Н.П. Фадеевой за постановку задачи, консультации, всестороннюю помощь и поддержку в работе. Очень признательна с.н.с., к.б.н. М.Н. Селиной, с.н.с., к.б.н. И.В. Стоник, н.с., к.б.н. И.Л. Алапыкиной (ИБМ ДВО РАН) и б.н. Е.С. Чертогурод (МГУ им. Ломоносова)



за помощь в определении ряда групп организмов, руководителю Центра морских прогнозов Приморского краевого управления Гидрометеослужбы Т.П. Щербининой за предоставленный материал, вед. н. с. сотруднику ТОИ ДВО РАН д.б.н. В.И. Звалинскому за помощь при проведении спектрального анализа содержания хлорофилла-а в грунте, зав. лабораторией ТИГ ДВО РАН д.г.н. Б.В. Преображенскому, зав. кафедрой ТОВВМИ д.ф.н. В.Э. Осуховскому за ценные консультации.

Работа выполнена в рамках плановой темы: «Структура и функционирование прибрежных экосистем российской части Японского моря».

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 Условия существования и особенности сообществ интерстициали (обзор литературы)

Глава посвящена анализу состояния научных исследований в области экологии интерстициальных сообществ морских песчаных мелководий. Подробно рассматривается влияние основных абиотических факторов на структуру и распределение интерстициальных сообществ; анализируются понятия «мейофауна» и «интерстициальная фауна», а также закономерности пространственного распределения, сезонных и межгодовых изменений в микрофитобентосе и мейофауне морских песков.

Глава 2. Физико-географическая характеристика района исследования

В главе на основе литературных данных приведена физико-географическая характеристика, описаны основные черты гидрологического и гидродинамического режима прибрежной зоны материкового побережья северо-западной части Японского моря в целом и особенности акваторий, в которых проводились исследования.

Глава 3. Материалы и методы

Материалами для диссертационной работы послужили сборы бентоса мелководной зоны песчаного побережья, которые проводились в 2007-2011 г.г. в рамках программы комплексных исследований сообществ песчаных грунтов Японского моря. Сбор материала проводился на однотипных мелкозернистых силикатных песках, в узкой прибрежной полосе, расположенной зоне действия прибойного потока, на глубине 0,7-1,2 м.

Для сравнительного исследования особенностей таксономического состава различных, удаленных друг от друга акваторий, использован материал, отобранный на песчаных мелководьях 11 бухт на участке от зал. Китовый (зал. Посыета) до зал. Владимира (рис.1) в летний период. Для изучения пространственного распределения интерстициальной фауны в мелководной зоне отдельных акваторий (в масштабе сотни метров) были отобраны пробы на открытых прибойных и защищенных участках бухт Пограничная и Патрокл залива Петра Великого. Круглогодичные исследования таксономического состава, сезонной динамики и межгодовых изменений плотности поселения микрофито- и мейобентоса проводили с октября 2007 по декабрь 2010 г.г. в бухте Патрокл (пролив Босфор Восточный).

Пробы бентоса собирали при помощи водолазного дночерпателя с площадью захвата 400 см². Для изучения микрофито- и мейобентоса из монолита грунта трубчатым пробоотборником (высота 5 см, площадь вырезания грунта 20 см²) отбирали 3 параллельные пробы. При проведении сезонных наблюдений пробы отбирали ежемесячно. Всего собрано и обработано 226 качественных и количественных проб. Параллельно с отбором проб для исследования населения песчаных грунтов собирали пробы для изучения гранулометрического состава, содержания хлорофилла-а в грунте. Для исследования вертикального распределения мейобентоса и содержания хлорофилла-а

в толще грунта пробы отбирали пробоотборником диаметром 2 см, высотой 10 см. Каждую колонку грунта делили на отдельные слои толщиной 1 см.

Измерение температуры и солености придонного слоя воды проводилось с помощью гидрологического зонда ЕС METER CM-21P параллельно с отбором проб грунта при выполнении круглогодичных наблюдений. В 2007-2008 г.г. измеряли температуру придонной и интерстициальной воды. Анализ гранулометрического состава грунта выполнен совместно с сотрудниками кафедры почвоведения ДВГУ водно-ситовым методом с определением 12 фракций. Определение содержания хлорофилла-*a* выполнено стандартным спектрофотометрическим методом.

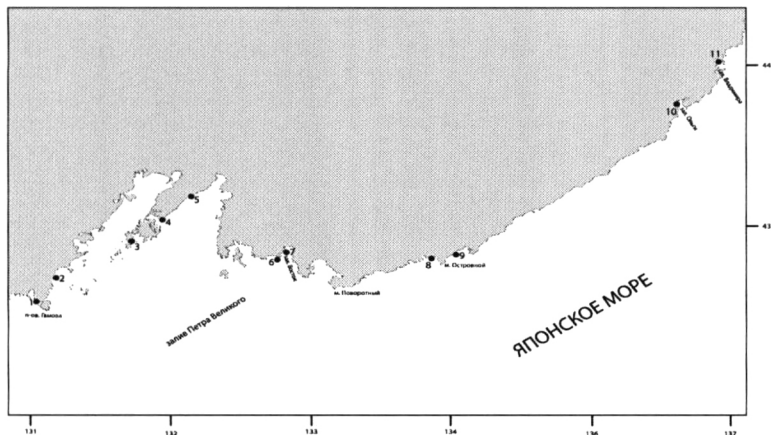


Рис. 1. Карта-схема района работ. Цифрами обозначены номера станций. 1 - бухта «Песчаная» (расположена между бухтами Троица и Витязь, залив Китовый); 2 - бухта Бойсмана; 3 – бухта Пограничная; 5 – бухта Лазурная; 6 – бухта Рифовая; 7- бухта Средняя (залив Восток); 8 – бухта Киевка; 9 – бухта Соколовского; 10 - залив Ольги; 11 – залив Владимира. Координаты станций приведены в таблице 1.

Степень открытости акваторий рассчитывалась как отношение расстояния между мысами к глубине максимального вреза бухты в берег (Мануйлов, 1987). Угол наклона дна определялся через тангенс угла, как отношение расстояния от точки максимального вреза бухты в берег до изобаты 5 м (в метрах) к глубине. Данные по высотам волн в исследуемых акваториях и повторяемости волнения различных высот и направлений за исследуемый период предоставлены Центром морских прогнозов Приморского краевого управления Гидрометеослужбы.

Для количественной оценки волнового воздействия на прибрежную зону акваторий определялись: а) линейная плотность потока энергии взволнованной поверхности: $\Pi = (1/8) \cdot \rho \cdot g \cdot h^2 \cdot (\lambda/T)$, (Дж/м·с), где ρ - плотность морской воды при данной солености, g - ускорение свободного падения, h - высота волны, λ -длина, T - период (Преображенский и др., 2000) и б) гидродинамическая нагрузка на дно прибойной зоны, представляющая собой нормальную составляющую плотности потока волновой энергии $G = \Pi \cdot \sin \phi$, где ϕ – величина угла наклона дна в радианах. Поскольку при количественной оценке волнового воздействия на биоту прибрежной зоны большинством зарубежных

исследователей (Gheskiere et al., 2005; McLachlan, Brown 2006; Vanaverbeke et al., 2011) используется безразмерный параметр Дина, учитывающий высоту, период волны и скорость падения взвешенных частиц песка, были рассчитаны значения параметра Дина для исследуемых акваторий.

Для изучения мейобентоса и микрофитобентоса, отобранные количественные пробы грунта тотально фиксировали 4% раствором формалина. Пробы промывали через два сита с уменьшающимся размером ячеек (диаметр газа 80 и 20 мкм). Получали крупную фракцию (более 80 мкм), содержащую мейобентос, и мелкую (20-80 мкм), содержащую микрофитобентос и молодь мейобентосных организмов. Обе фракции фиксировали и обрабатывали отдельно. Видовая идентификация нематод, определение пола и стадии развития, измерение основных морфологических параметров исследуемых видов проводили по препаратам, с помощью стереоскопического микроскопа AXIO Imager. Морфометрические данные нематод получены с помощью камеры AxioCam MRc5 в программе Axios.

Для всех количественных показателей рассчитаны средние значения и величины стандартных отклонений. Расчет и анализ проб проводили с использованием индекса сходства Брэя-Куртиса на базе данных по обилию и присутствию/отсутствию видов. Дендрограммы сходства строили методами взвешенного парно-группового среднего. Расчеты проводили с помощью программ Excel 97 (Microsoft Corp., 1985-1997), STATISTICA (версия 5.1) и Primer (версия 5) (Clarke, Warwick, 1994).

Глава 4. Абиотические условия исследуемых акваторий.

Исследованные акватории различались по геоморфологическим, гидродинамическим и гранулометрическим характеристикам и, в зависимости от интенсивности волнового воздействия, располагались на разных концах спектра физических условий существования интерстициальной фауны. Основные характеристики песчаных биотопов исследованных бухт приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики среды исследованных акваторий

Места расположения станций	Открытость	Уклон дна	Параметр Дина	Преобладающие направления волнения	Медианный диаметр частиц, мм	Гидродинамическая нагрузка, кДж/м·с
Бухта «Песчаная» (зал. Китовый), 42°60' с.ш. 131°14' в.д.	1,1	1°37'	3,7	Ю - ЮЗ	0,22	4,5
Бухта Бойсмана, 42°45' с.ш. 131°16' в.д.	0,5	0°30'	3,2	ЮВ - СВ	0,23	5,34
Бухта Пограничная, 43°02' с.ш. 131°77' в.д.	0,36	0°38'	3,05	Ю - В	0,20	5,8
Бухта Патрокл, 43°08' с.ш. 131°95' в.д.	0,69	1°18'	4,3	Ю - ЮВ	0,28	3,86
Б. Лазурная, 43°19' с.ш. 132°11' в.д.	0,22	0°43'	2,2	ЮЗ - В	0,21	10,93
Бухта Рифовая 42°85' с.ш. 132°61' в.д.	0,3	1°27'	2,6	ЮЗ - СВ	0,24	12,06
Бухта Средняя (залив Восток) 42°87' с.ш. 132°7' в.д.	0,62	1°48'	3,1	Ю - В	0,27	5,57
Б. Киевка, 42°84' с.ш. 133°68' в.д.	0,35	0°36'	3,8	ЮЗ - ЮВ	0,30	6,14

Бухта Соколовского, 42°89' с.ш. 133°79' в.д.	0,4	1°27'	3,8	Ю - ЮВ	0,21	5,88
Залив Ольги, 43°71' с.ш. 135°26' в.д.	2,05	2°18'	4,8	Ю	0,18	2,34
Залив Владимира, 43°74' с.ш. 135°49' в.д.	2,14	5°46'	4,3	ЮВВ	0,19	2,25

Значительное волновое воздействие отмечалось как в наиболее открытых бухтах, так и в мелководной зоне небольших полузакрытых акваторий, подверженных действию волнения юго-западного и юго-восточного направлений. Гидродинамическая нагрузка максимальна в бухтах Лазурная и Рифовая залива Петра Великого (табл. 1). Наиболее низкие значения гидродинамической нагрузки на единицу площади дна отмечены в наиболее закрытых акваториях северного Приморья: заливах Владимира и Ольги. По гранулометрическому составу прибрежные морские пески исследуемых акваторий от мелко- до среднезернистых (табл. 1), степень сортировки донных осадков от хорошей до средней, доля пелитовой фракции менее 1%. Содержание органического углерода в песках составляло 1,4-1,8%. Песчаные грунты исследованных акваторий относились к числу олиготрофных.

По классификации, применяемой для описания интенсивности воздействия прибоа на литораль российских морей (Кусакин, 1976), все обследованные бухты относились к числу открытых и полузакрытых с различной степенью прибойности. Согласно классификации, применяемой при изучении сообществ песчаных грунтов мелководной зоны морей (Defeo, McLachlan, 2005; Gheskiere, 2005; Speybroeck, 2008), полученные значения параметра Дина позволяют отнести исследуемые биотопы морских песков побережья северо-западной части Японского моря к числу промежуточных между открытыми рефлексивными и диссипативными защищенными.

При исследовании динамики температуры и солёности придонной воды были выявлены межгодовые различия в гидрологическом режиме.

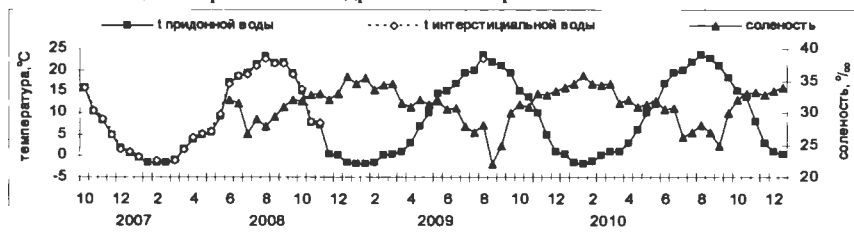


Рис. 2. Изменения температуры придонной и интерстициальной воды и солёности в бухте Патрокл (здесь и далее по оси абсцисс арабскими цифрами обозначены календарные месяцы года, жирным шрифтом – годы)

В целом динамика температуры и солёности придонного слоя воды в мелководной зоне бухты Патрокл в период исследований была близка к среднееголетним значениям, приводимым в литературе для прибрежных вод залива Петра Великого (Шунтов, 2001; Зуенко, 2002; Гайко, 2005).

Показано, что температура интерстициальной воды в мелководной зоне несколько стабильнее температуры придонной воды: весной и осенью она была на 0,1-1°C выше температуры придонного слоя воды, а летом ниже (рис. 2).

Глава 5. Таксономический состав сообществ песчаных мелководий

В результате исследований на песчаном мелководье исследованных акваторий Японского моря обнаружены представители 18 таксономических групп, относящихся к 167 видам. Максимум разнообразия обеспечили из микроводорослей – динофлагелляты (76 видов, из них в ходе настоящего исследования зарегистрированы 3 токсичных вида) и диатомовые водоросли (32 вида); из беспозвоночных - Nematoda (68 вида). Описан новый для науки вид свободноживущих нематод - *Bathylaimus anatolii* Smirnova & Fadeeva, 2011.

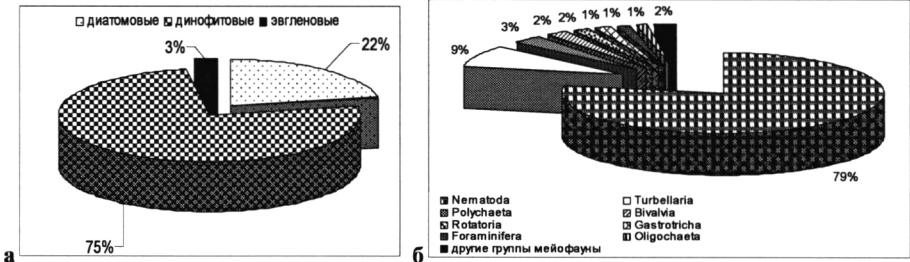


Рис.3. Процентное соотношение таксономических групп плотности поселения микрофитобентоса (а) и мейобентоса (б) в морских песках исследуемого района

Макробентосные организмы в исследуемой зоне песчаных грунтов были не многочисленны. Среди макробентосных форм были отмечены *Mercenaria simpsoni*, *Maetra chinensis*, *Peronidia venulosa* (Bivalvia), *Grandifoxus robustus*, *Synchelidium gurjanovae*, *Urothoe orientalis*, *Platorchestia pachypus* (Amphipoda), *Lepidonotus squamatus*, *Saccocirrus sp.*, *Cheilonereis cyclurus* (Polychaeta).

Наиболее разнообразной группой микрофитобентоса являлись динофлагелляты и диатомовые водоросли (рис.3, а). В числе массовых были отмечены 6 видов динофлагеллят *Adenoides eludens*, *Amphidiniopsis arenaria*, *Proocentrum emarginatum*, *Sinophysia ebriolum*, *S. stenosoma*, *Thecadinium inclinatum*. На долю видов родов *Navicula*, *Lyrella* и *Amphora* приходилось до 37% от общей численности диатомовых микрофитобентоса.

В составе мейофауны на всех станциях были обнаружены Nematoda, Turbellaria, Harpacticoida, Ciliata. Наиболее многочисленной группой, составлявшей от 75 до 87% от общего количества мейобентоса на станции, являлись свободноживущие нематоды. Девять видов нематод *Daptonema variassetosum*, *Ascolaimus elongatus*, *Enoplolaimus medius*, *Bathylaimus anatolii*, *Euchromadora cervicornia*, *Metachromadora sp.*, *Nudora sp.*, *Onyx sp.* встречены в большинстве исследованных бухт. Пять видов гарпактицид *Halectinosoma perforatum*, *Paralaophonte pacifica*, *Leptastacus japonicus*, *Diosaccus sp.*, *Kliopsyllus sp.n.* являются массовыми. В некоторых бухтах многочисленными были турбеллярии (рис.3, б), составляя до 9% обилия мейобентоса. Остальные систематические группы беспозвоночных составляли 1-2% от общей плотности поселения мейофауны. Единично отмечены фораминиферы, турбеллярии, равноногие раки, галакариды, гастротрихи и коловратки.

Круглогодично в составе мейофауны присутствовали четыре таксономические группы беспозвоночных: нематоды, турбеллярии, гарпактициды и молодь полихет.

В условиях песчаного мелководья преобладал эвмейобентос, на его долю приходилось 83% плотности мейофауны. В составе псевдомейобентоса отмечена молодь Polychaeta, Amphipoda, Bivalvia, Gastropoda.

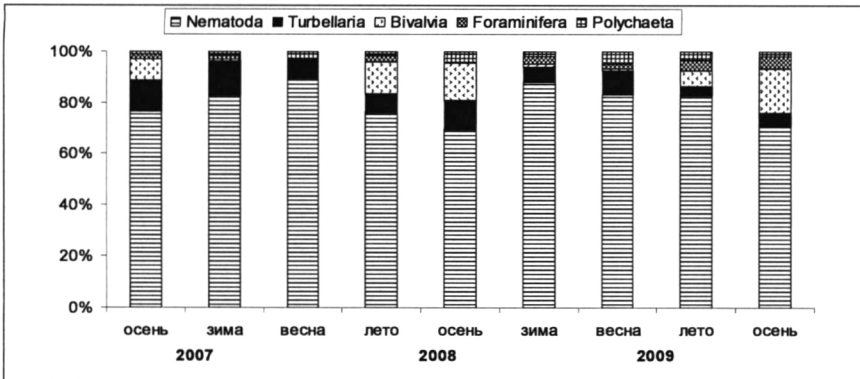


Рис. 4. Сезонные изменения соотношения плотности поселения массовых групп эв- и псевдомейобентоса в морских песках исследуемого района

В зимний и весенний периоды доля молоди макробентосных беспозвоночных не превышала 7%, преобладали ювенильные особи полихет и брюхоногих моллюсков. Молодь полихет была наиболее обильна в весенний период. В конце лета и осенью доля псевдомейобентоса возрастала за счет появления молоди двустворчатых моллюсков. Молодь *Bivalvia*, в значительной мере, формировала осенний пик общей плотности поселения мейофауны. Сроки появления молоди макробентоса в песчаных грунтах в целом соответствуют срокам оседания личинок макробентосных животных в заливе Петра Великого, приводимым в литературе (Касьянов и др., 1980; Омеляненко, 2005) личинок макробентосных животных в заливе Петра Великого. Соотношение постоянного и временного компонентов мейофауны является характерным для интерстициальных сообществ.

Несмотря на существующие сезонные и межгодовые различия таксономического состава специфических сезонных комплексов в составе мейофауны песчаных грунтов мелководной зоны исследуемого района не формируется.

Глава 6. Пространственное распределение бентоса песчаных мелководий

Вдольбереговое распределение мейофауны в масштабе сотен метров (в песчаных грунтах отдельных бухт). В ходе исследования в составе интерстициальной фауны мелководной зоны бухт Пограничная и Патрокл на краевых, наиболее защищенных от волнового воздействия станциях отмечались только нематоды и турбеллярии (рис. 6). На станциях, открытых прибою, регистрировали от 7 до 11 таксонов мейобентосных животных. Мейофауна, населяющая пески мелководной зоны бухты на глубине 1м, входит в состав одного и того же сообщества. Значения коэффициента сходства Серенсена-Чекановского между станциями одной акватории составляли 0,5-0,8. За несколько лет наблюдений в бухте Патрокл видовое богатство мейофауны практически не изменилось (коэффициент таксономического сходства Серенсена равен 0,7-0,8), что дает основание считать, что в этих условиях формируется одно сообщество. Показатели общей плотности поселения мейофауны и плотности поселения свободноживущих нематод на станциях, подверженных интенсивному волновому воздействию, были почти в 2 раза ниже, чем на защищенных станциях (рис.6). Качественное и количественное распределение мейофауны в песках бухты Пограничной и открытого западного участка (станции 4-6) носит сходный

характер (рис. 6). В песках восточного участка бухты Патрокл (станции 1-3), защищенного полуостровом Басаргина, наблюдается равномерное распределение мейофауны, связанное с более равномерной гидродинамической нагрузкой.

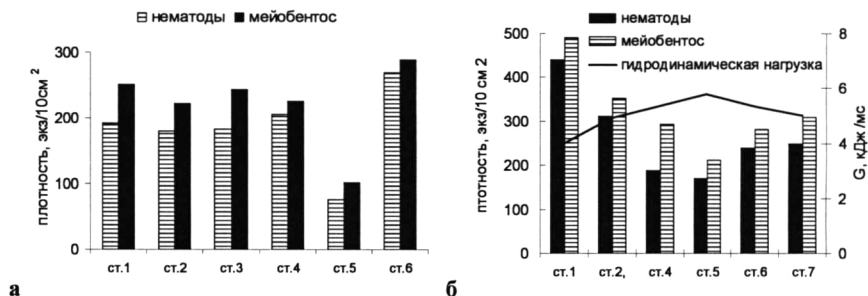


Рис 5. Изменения общей плотности поселения мейофауны и свободноживущих нематод морских песков с изменением гидродинамической нагрузки (G) в краевых и центральных участках на песчаных грунтах мелководной зоны бухт Патрокл (а) и Пограничная (б).

В целом, в прибрежных морских песках двух обследованных бухт с различным рельефом и гранулометрическим составом песков (табл.1) с увеличением интенсивности волнового воздействия происходит увеличение плотности поселения мейофауны от краевых участков мелководной зоны песчаного побережья к центральным.

Вдольбереговое распределение бентоса прибрежной зоны в масштабе десятков-сотен километров. Сообщества мелководных песчаных биотопов прибрежной зоны северо-западной части Японского моря характеризовались низкой степенью доминирования и высоким видовым разнообразием.

Результаты кластерного анализа видового состав биоты исследованных песчаных мелководий, расположенных на расстоянии от десяти до четырехсот километров, показывают, что видовые комплексы организмов, населяющих песчаные грунты акваторий южного Приморья (от залива Китовый до бухты Соколовского) со средней гидродинамической нагрузкой, объединены в одну группу на уровне сходства 40%, независимо от открытости акваторий и гранулометрического состава грунта (рис. 6). Максимальные различия отмечены для комплексов видов, населяющих хорошо сортированные среднезернистые пески прибойной зоны бухт Лазурная и Рифовая и мелкозернистые песков заливов Ольги и Владимира. Эти акватории находятся на разных концах градиента гидродинамической нагрузки (см. табл.1).

Видовые комплексы динофлагеллят и нематод акваторий с гидродинамической нагрузкой на дно 4-6 Дж/м·с группируются различным образом (рис.6). Физические факторы (гидродинамическая нагрузка и гранулометрический состав грунта) практически не влияют на сходство видового состава нематод и динофлагеллят в данном диапазоне условий волнового воздействия. Наблюдаемые различия в видовом составе населения морских песков акваторий с промежуточным гидродинамическим режимом могут быть обусловлены биотическими взаимодействиями. Известно, что по мере уменьшения изменчивости абиотических факторов на первое место выходят биотические отношения, и в биотопах с относительно стабильными абиотическими условиями развиваются «биологически пригнанные» (Defeo et al., 2009) сообщества.

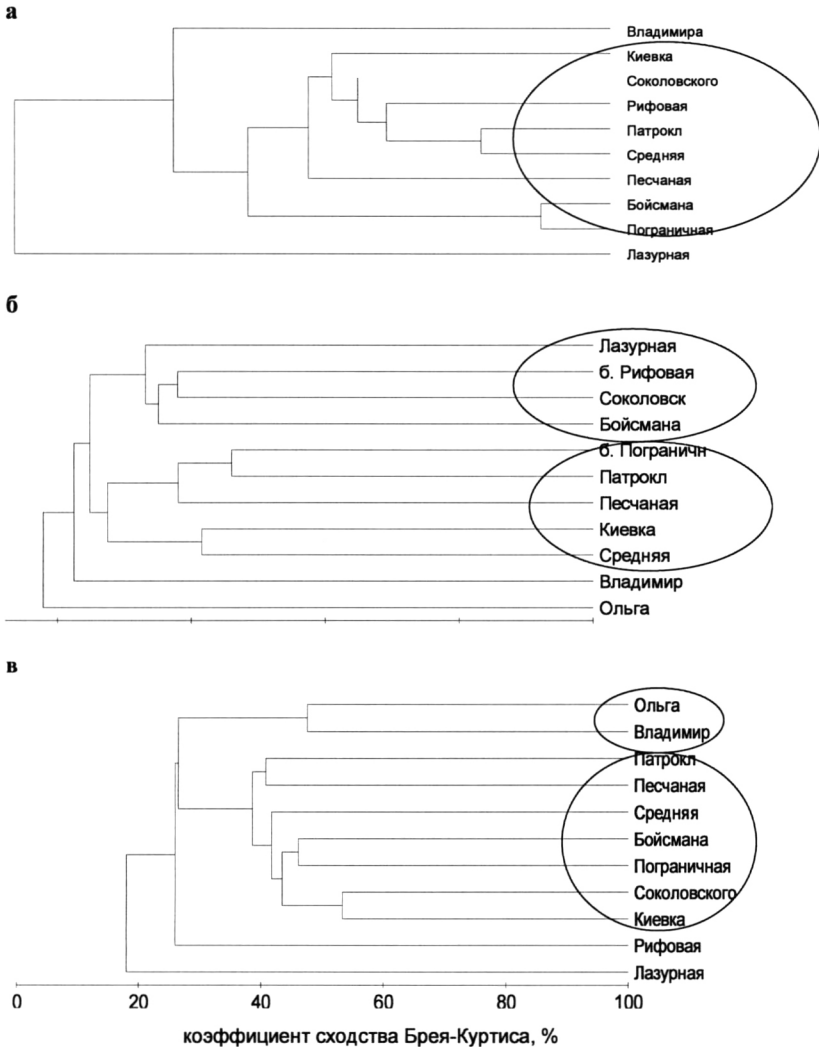


Рис. 6. Дендрограмма сходства видового состава: а- дирофлагеллят, б- нематод; в -всей биоты песчаных мелководий, с учетом организмов макробентоса

По структуре доминирования нематоцены исследуемого района подразделяются на два типа: с низкой степенью доминирования (наиболее многочисленные виды составляют 10-20% относительного обилия) и с выраженным доминирующим видом, составляющим 40-50% относительного обилия (рис. 7)

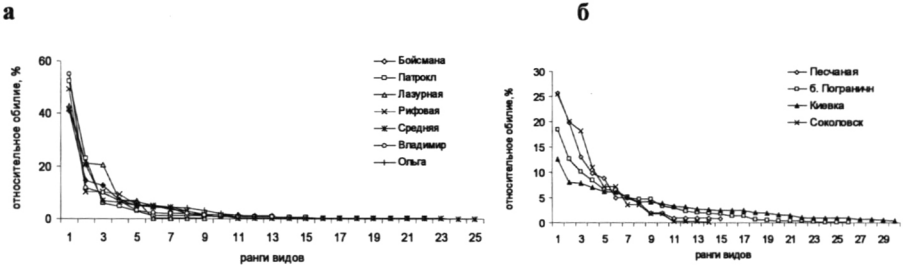


Рис.7. Кривые доминирования-разнообразия ассоциаций свободноживущих нематод: а - ассоциации в которых выделен доминирующий вид, б - ассоциации без выраженного доминирующего вида.

Анализ трофической структуры ассоциации нематод для выделенных группировок станций также позволяет выявить некоторые закономерности. Трофическая структура ассоциаций интерстициальных нематод песчаных грунтов прибрежной зоны северо-западной части Японского моря включает все существующие пищевые группировки, выделяемые в соответствии с классификацией Т. Менс М. Винкс (Moens, Vincx, 1997; 1998). Нематофауна открытых прибойных бухт Лазурная и Рифовая характеризуется присутствием значительной доли нематод, питающихся инфузориями (группа *CF*) и неселективных детритофагов (*DF*) (рис.8). Большинство видов псаммофильных нематод, населяющих акватории со средней и слабой гидродинамической нагрузкой, относится к числу растительноядных форм (группа *EF*). Наибольшее число фитофагов (40-50%) было отмечено в составе нематофауны морских песков бухт Песчаная, Киевка и залива Ольги (рис.8).

Преобладание соскабливателей-фитофагов песках средне- и малопробойных акваторий свидетельствует о том, что интерстициальные сообщества прибрежной зоны бухт и заливов, подвергающихся волновому воздействию менее 7 Дж/м м-с, в значительной мере, существуют за счет автохтонной первичной продукции.

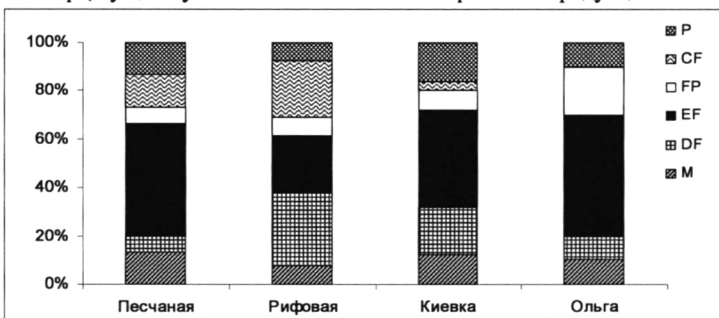


Рис 8. Соотношение трофических группировок интерстициальных нематод (*M* –бактериофаг, *CF* – потребители ресничных простейших, *EF*–соскабливатель, *DF* – детритофаг, *FP* – факультативный хищник, сапрофаг; *P* – облигатный хищник) в морских песках акваторий с различной гидродинамической нагрузкой.

Глава 7. Сезонные и межгодовые изменения интерстициального микрофито- и мейобентоса

Проанализированы сезонные изменения в структуре сообщества и плотности поселения мейобентоса за трехлетний период наблюдений. Нами была прослежена сезонная изменчивость как содержания хлорофилла-*a* в морских песках, так и плотности поселения микроводорослей. В верхнем пятисантиметровом слое морских песков бухты Патрокл содержание хлорофилла-*a* в течение года изменялось на 3 порядка от 0,5 до 172 мг Хл/м². В холодный период года, с февраля по май и в октябре содержание хлорофилла имело максимальные значения.

Общее количество микроводорослей в исследуемый период изменялось в пределах от 1-152 тыс. кл/10см². Роль различных таксонов в фитоценозе мало изменялась. Вспышки численности микроводорослей происходили достаточно синхронно. Доля диатомовых была значительна в период весеннего цветения водорослей (до 40 тыс. кл/10см²; 46% от общей численности), и в ноябре 2009 г., на фоне резкого падения численности динофлагеллят (рис. 9). Доминирующим видом псаммофильных динофлагеллят в б. Патрокл являлся автотрофный вид *Thecadinium kofoidii*, который составлял более 80% от общего количества микроводорослей в течение всего периода наблюдений.

Массовое развитие динофитовых водорослей было отмечено весной, в апреле-мае. В летний период происходило скачкообразное изменение количества микроводорослей в грунте на фоне незначительных величин обилия (до 9 тыс. кл/10см²).

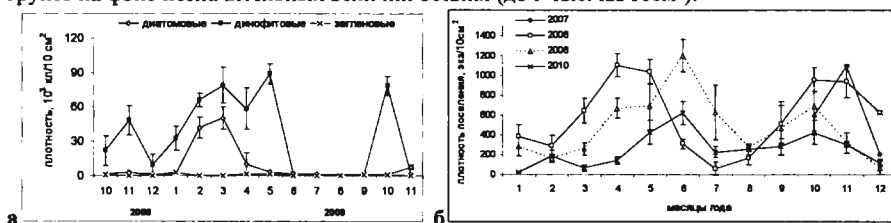


Рис. 9. Сезонная динамика численности микрофитобентоса (а) и мейобентоса (б) в морских песках бухты Патрокл в 2007-2010 г. г. в морских песках бухты Патрокл. (Вертикальные линии - планки погрешностей)

С понижением температуры воды концентрация динофлагеллят увеличилась, отмечалась вторая за год вспышка численности. Однако, в ноябре 2009 г. было отмечено резкое падение численности микроводорослей (рис. 9). В октябре – ноябре 2009 г. на берегу бухты Патрокл проводились землечерпательные работы, связанные со строительством объекта саммита стран АТЭС. В прибрежные воды с терригенным стоком выносился поток глинистых частиц, что, вероятно, сказалось на продуктивности автотрофных микроводорослей.

Существует выраженная линейная зависимость между концентрацией микроводорослей и хлорофилла-*a* в морских песках бухты Патрокл ($K=0,9$) и, следовательно, в том случае, когда в составе микрофитобентоса преобладают автотрофы, содержание хлорофилла-*a* может служить достаточно надежным показателем для оценки общего количества микрофитобентоса.

Общее обилие мейофауны в морских песках бухты Патрокл за исследованный период изменялось от 24 до 1200 экз/10см². В течение первых двух лет наблюдений в динамике численности мейофауны стабильно наблюдались два максимума – весной (май – июнь) и

осенью (октябрь – ноябрь) (рис. 9). Однако, в ноябре 2009 г. численность мейофауны резко снизилась. Количественные показатели сообщества возросли в феврале 2010 г. и практически не отличались от наблюдавшихся ранее зимних значений плотности. Дальнейший ход сезонной динамики ингерстициальной фауны носил тот же характер, что и в 2007-2009 г.г. при этом значении суммарной плотности поселения было в 1,5 раза ниже.

Увеличение численности мейофауны наблюдалось, как правило, после массового развития бентосных микроводорослей. При высоких значениях плотности поселения мейобентоса численность микроводорослей резко снижалась. Флуктуации количественных показателей мейофауны были гораздо более плавными. Существует отрицательная линейная зависимость между количеством микрофито- и мейобентоса ($K=0,6$), что позволяет говорить о существовании трофических взаимоотношений между этими экологическими группировками. Однако, реальные пищевые связи между микрофитобентосом и мейобентосом являются весьма сложными (Корнев, Чертопруд, 2008). Изучение трофических взаимоотношений между микроводорослями и мейофауной морских песков требует дальнейших экспериментальных исследований.

Колебания общей численности мейобентоса определяла, преимущественно, динамика плотности поселения свободноживущих нематод. В течение года пики развития нематод прямо соответствовали пикам общей плотности поселения мейобентоса (рис. 9, 10). Общая плотность поселения нематод колебалась от 20 до 1100 экз./10см², среднегодовая плотность поселения составила 525,44 экз./10см². Пики плотности нематод отмечены в апреле-июне и октябре-ноябре, а минимальные значения регистрировали в феврале-марте, в период взлома льда.

Частота встречаемости массовых видов составляла более 50%. В течение первых двух лет наблюдений доминирующим по плотности видом являлся *E. medius*, на втором месте находилась *P. belogorovi* sp. n. (среднегодовая плотность поселения 340 экз./10см² и 195 экз./10см² соответственно, частота встречаемости более 90%). Остальные виды нематод за исследуемый период имели частоту встречаемости менее 20% и не оказывали влияния на годовую и сезонную динамику ассоциации нематод.

За исследуемый период соотношение видов потерпело некоторые изменения. В ноябре 2009 г. численность *E. medius* сократилась (рис. 10).

Выпадение *E. medius* из числа доминирующих видов привело к резкому снижению общей численности нематод и мейофауны в целом. Плотность поселения *P. belogorovi* sp. n. и *D. variasetosum* при этом практически не изменилась.

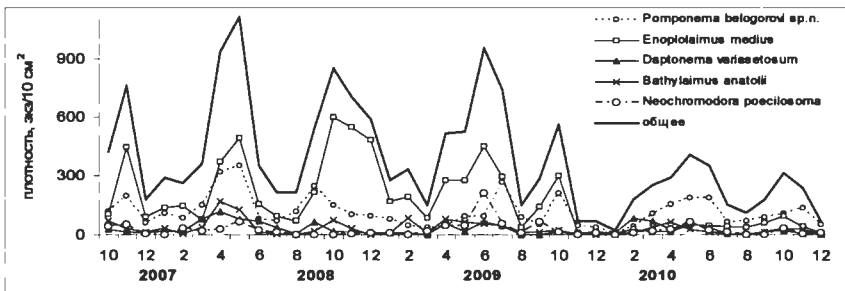


Рис 10. Сезонные и межгодовые изменения суммарной плотности поселения свободноживущих нематод (общее) и массовых видов нематод в морских песках бухты Патрокл.

Анализ хода сезонной динамики доминирующих видов свободноживущих нематод показывает, что большинство массовых видов встречается в песчаных грунтах круглогодично, при этом максимум их численности наблюдается в весенне-летние и осенние месяцы.

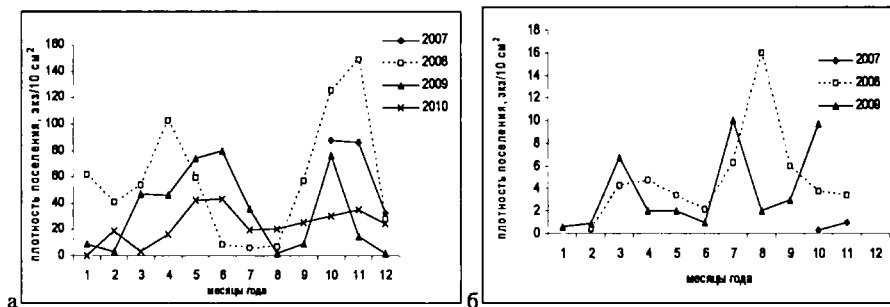


Рис 11. Сезонные и межгодовые изменения плотности поселения а) турбеллярий б) гарпактицид в морских песках бухты Патрокл

Вторая доминирующая по обилию группа мейобентосных животных турбеллярии. Среднегодовая плотность поселения турбеллярий составляла 74,8 экз./10 см². Наибольшая плотность их приходилась на ноябрь, наименьшая на июнь (рис.11).

Увеличение численности турбеллярий наблюдалось с августа по декабрь. В летний период флуктуации плотности носили скачкообразный характер.

Гарпактикодные копеподы на песчаных грунтах мелководной зоны бухты Патрокл не входили в число массовых групп мейобентоса. Численность их не превышала 16 экз./10 см². (рис. 11) Однако, гарпактициды отмечались круглогодично и наиболее многочисленны были в весенний и летний период.

Глава 8. Особенности жизненных циклов массовых видов свободноживущих нематод

Рассмотрена сезонная динамика возрастных и размерных групп, а также соотношения полов массовых видов нематод (ювенильных особей, взрослых самцов, неоплодотворенных и оплодотворенных самок). Установлено, что период интенсивного размножения у *Bathylaimus anatolii*, *Daptonema variasetosum*, продолжается с апреля по декабрь (Смирнова, Фадеева, 2011) у *Enoplolaimus medius*, *Pomponema belogurovi* sp. – начинается в декабре - январе при отрицательной температуре воды и наличии ледового покрова и продолжается до июня (Смирнова, Фадеева, 2010). У исследованных видов наблюдалось повышение интенсивности размножения в период гидрологической весны (апрель- июнь) В это же время отмечается максимум суммарной плотности поселения нематод. Снижение интенсивности или перерыв в размножении происходили в конце лета, при повышении температуры воды до максимальных значений, а также в зимний период.

Наблюдавшаяся динамика соотношения возрастных групп и размножение исследованных видов в зимний период согласуются с результатами, полученными ранее для других видов свободноживущих нематод залива Петра Великого (Павлюк, 1984; Fadееva, Davydkova, 2005)

Выводы

1. Основные внешние факторы, определяющие структуру сообществ песчаных биотопов мелководной зоны северо-западной части Японского моря - гидродинамическая нагрузка, гранулометрический состав и сортировка песчаных грунтов. Ведущим фактором, синхронизирующим ход сезонной и годовой динамики микрофито- и мейобентоса, в условиях исследованных акваторий, является температура воды.

2. В морских песках прибрежной зоны северо-западной части Японского моря зарегистрированы 18 таксономических групп микроводорослей и беспозвоночных, относящихся к 187 видам. Максимум разнообразия обеспечили динофлагелляты (68 видов), диатомовые водоросли (32 вида) и нематоды (63 вида). Описан новый для науки вид свободноживущих нематод - *Bathylaimus anatolii* Smirnova & Fadeeva, 2011.

3. В условиях малопривливных прибойных акваторий мейофауна, населяющая пески мелководной зоны одной бухты, входит в состав одного и того же сообщества. С увеличением гидродинамической нагрузки наблюдается снижение плотности поселения по направлению от защищенных участков бухт к центральным прибойным.

4. Сообщества песчаных грунтов прибрежной зоны северо-западной части Японского моря характеризуются низкой степенью доминирования и высоким видовым разнообразием. Максимальные показатели таксономического разнообразия микрофито- и мейобентоса отмечены в акваториях с гидродинамической нагрузкой 4-6 кДж/м² · хорошо сортированным песком.

5. Видовой состав и структура сообществ песчаных биотопов с предельно низким и предельно высоким волновым воздействием определяются физическими факторами (гидродинамической нагрузкой, гранулометрическим составом и сортировкой песчаных осадков). Различия в видовой и трофической структуре сообществ акваторий с промежуточным гидродинамическим режимом менее связаны с физическими условиями существования.

6. Динамика плотности поселения микрофито- и мейобентоса песчаного мелководья носят сходный циклический характер с максимумом в весенне-летний и осенний и минимумом в зимний период. Флуктуации численности обоих компонентов интерстициальных сообществ обусловлены, в большей степени, сходными реакциями видов на изменение внешних факторов среды.

7. Доминирующие виды свободноживущих нематод встречаются в песчаных грунтах круглогодично с максимумом численности в весенне-летние месяцы. Основные пики плотности поселения отмечены с апреля по июнь и с октября по декабрь, минимум – в январе-феврале. Период размножения *Bathylaimus anatolii* продолжается с апреля по декабрь, *Potponema belogurovi* sp.n. – с января по июнь.

Список публикаций по теме диссертации

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах

1. Смирнова Е.В., Фадеева Н.П. Описание и жизненный цикл *Bathylaimus anatolii* (Nematoda, Triploidiidae). Биология моря. 2011. Т. 37, № 2. С. 116–144.
2. Смирнова Е.В., Фадеева Н.П. Годовая и сезонная динамика интерстициального сообщества бухты Патрокл (залив Петра Великого, Японское море). Известия Самарского научного центра РАН. 2011 Т. 13, № 1(6). С. 1479-1481.

Статьи, опубликованные в региональных изданиях

3. Смирнова Е.В., Фадеева Н.П. Флуктуации обилия в сообществе мейофауны на песчаном мелководье пролива Босфор Восточный (залив Петра Великого, Японское море). Сборник трудов Дальрыбвтуза. 2010. Владивосток. Дальрыбвтуз. Вып.22. С.232-239.

Работы, опубликованные в материалах региональных и международных конференций

4. **Смирнова Е.В.** Результаты экологического мониторинга бухты Северной. Мат. докл. Всероссийск. науч. конф. Прикладные и фундаментальные вопросы естествознания, Владивосток, 2002. С. 131-133.
5. **Kazachenko V.N., Smirnova E.V.** Structure of Macrobenthic Assosiation in Severnaya Bay. China-Russian Simposiumon Fisheries Development Sustainable Exploitation and Utilisation of marine Biological Resurses. Shanghau FisheriesUniversity. China. 2007. P.71-79
6. **Smirnova E.V., Fadeeva N.P.** Seasonal dynamics of meiofauna community and zonation patterns in (un)disturbed of the Sea of Japan. North Pacific Marine Science Organization, 17th Annual Meeting, 2008. P. 170
7. **Smirnova E.V., Fadeeva N.P.** Taxonomy and Systematic of *Bathylaimus*. Nematodes in tropical ecosystems, International Simposium, 2009. Vietnam: Program and Abstracts. Hanoi, 2009. P. 45-46.
8. **Fadeeva N., Selina M., Smirnova E., Stonik I.** Communities of sandy beaches: What factors influence their diversity and zonation patterns in shallow subtidal environments of the northwestern part of the Sea of Japan?. North Pacific Marine Science Organization, 18th Annual Meeting, 2009. Korea: Program and Abstracts. Jeju , 2009. P. 148.
9. **Смирнова Е.В., Фадеева Н.П.** Некоторые особенности интерстициальной среды. Мат. докл. Всероссийск. науч. конф. Прикладные и фундаментальные вопросы естествознания, Владивосток. 2009. С. 110-118.
10. **Смирнова Е.В., Фадеева Н.П.** Некоторые аспекты сезонной и годовой динамики сообщества мейобентоса песчаных грунтов бухты Патрокл. Мат. докл. Междунар. конф. Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана. Дальрыбвтуз. Владивосток. 2010. С. 99-103.
11. **Смирнова Е.В., Фадеева Н.П.** Некоторые особенности экологии морских свободноживущих нематод рода *Potrometa* (Cobb, 1917) и описание нового вида. Всероссийск. конф. Проблемы экологии морского шельфа, ДВГУ. Владивосток. 2010. С. 119-124.
12. **Смирнова Е.В., Фадеева Н.П.** Состав и структура бентосных сообществ мелководных морских песчаных побережий Японского моря. Мат. докл. Всероссийск. конф. Проблемы экологии морского шельфа, ДВФУ Владивосток. 2011. С. 110-116.
13. **Смирнова Е.В.** Некоторые аспекты гидродинамических характеристик песчаных мелководных бухт прибрежной зоны Приморья. Мат. докл. Междунар. науч. конф. Научно-практические вопросы регулирования рыболовства. Дальрыбвтуз. Владивосток. 2011. С. 106-109.
14. **Смирнова Е.В., Фадеева Н.П.** Распределение интерстициальной фауны в морских песках мелководной зоны открытых бухт залива Петра Великого (Японское море) // Мат. докл. Междунар. науч. конф. Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана, Дальрыбвтуз. Владивосток. 2012 (в печати)

Смирнова Елена Валерьевна

**СТРУКТУРА И ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ
ПРИБРЕЖНОЙ МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЫ
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ**

03.02.08 – Экология

**Автореферат диссертации
на соискание учёной степени
кандидата биологических наук**

Подписано в печать 18.05.2012 Формат 60х84/16.
Бумага писчая. Уч.- изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ №501
Отпечатано в типографии ИПК МГУ им. адм. Г.И. Невельского
690059 г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а

102