

А.Ю. ЗВЯГИНЦЕВ, А.В. МОЩЕНКО

МОРСКИЕ ТЕХНОЭКОСИСТЕМЫ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
FAR-EASTERN BRANCH
INSTITUTE OF MARINE BIOLOGY

A.YU. ZVYAGINTSEV, A.V. MOSHCENKO

**MARINE TECHNO-ECOSYSTEMS
OF POWER PLANTS**



Vladivostok
Dalnauka
2010

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ МОРЯ

А.Ю. ЗВЯГИНЦЕВ, А.В. МОЩЕНКО

МОРСКИЕ ТЕХНОЭКОСИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ



Владивосток
Дальнаука
2010

УДК 577.472

ЗВЯГИНЦЕВ, А.Ю., МОЩЕНКО, А.В. **Морские техноэкосистемы энергетических станций.** – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 343 с.

ISBN 978-5-8044-1140-5

Монография посвящена исследованию морских антропогенных экосистем водоемов-охладителей энергетических станций на примере функционирования Владивостокской ТЭЦ-2. Изучены состав, количественное распределение и особенности формирования сообществ обрастания разных субстратов системы охлаждения ТЭЦ. Показано влияние сбросных вод энергетических станций на морские экосистемы прилежащих акваторий. В основу работы положены материалы, полученные авторами совместно со специалистами Института биологии моря ДВО РАН в 2000–2005 гг.

Книга может быть полезной для морских биологов, экологов, фаунистов, биогеографов, специалистов по гидростроительству.

Ил. 102, табл. 57, библи. 378.

ZVYAGINTSEV, A. Yu., MOSHCENKO, A. V. **Marine techno-ecosystems of power stations.** – Vladivostok: Dalnauka, 2010. – 343 p.

ISBN 978-5-8044-1140-5

Monograph is dedicated to study of marine anthropogenous ecosystems of power stations basins-coolers of power stations based on the example of the functioning of Vladivostok TEPS-2. Composition, quantitative distribution and features of fouling communities forming on the different substrata of TEPS cooling system are studied. The influence of power stations discharged waters on the sea ecosystems of the adjacent water areas is shown. Investigation is basic on data received by authors with colleagues of Institute of Marine Biology FEB RAS in 2000–2005.

The book can be useful for hydrobiologists, ecologists, specialists in the biogeography and hydro building.

Ill. 102, tabl. 57, bibl. 378.

Ответственный редактор д-р биол. наук, академик РАН *А.В. Адрианов*
Рецензенты: д-р биол. наук, проф., действительный член РАЕН *В.П. Шунтов*
канд. биол. наук *О.М. Корн*

Утверждено к печати Ученым советом ИБМ ДВО РАН

В оформлении обложки использованы фотографии *А.А. Омельяненко*

ISBN 978-5-8044-1140-5

© Звягинцев А.Ю., Мощенко А.В., 2010
© Редакционно-издательское оформление.
Дальнаука, 2010

ПРЕДИСЛОВИЕ

Мировой океан занимает почти три четверти поверхности земного шара. Любой континент – лишь остров, омываемый его волнами. Облака на небе, осадки, ледники в горах, озера и родники – все это частицы океана, лишь временно покинувшие его. Океан смягчает климат, умеряя жару летом и морозы зимой. Там, где «дыхание» океана почти не ощущается, образуется пустыня. Для человека океанские просторы имеют и важное производственное значение: это и транспортный путь, и источник энергии и морепродуктов, и сырье для получения продукции, и охладитель двигателей и т.д.

Главное достижение современной науки об океане состоит в осознании особой его роли решительно во всех процессах глобальной системы нашего «жизнеобеспечения», в нормальной деятельности биосферы – нашего общего дома, дающего нам кров, питание и саму жизнь.

В результате «технической революции» всего за одно последнее столетие резко возросло отрицательное, а порой и губительное воздействие человека на экосистемы океана. Науке известно более 2,5 тыс. загрязнителей природных вод. Это пагубно влияет на здоровье населения и ведет к гибели рыб, водоплавающих птиц и других животных, а также к гибели растительного мира морских водоёмов.

Значительная часть электроэнергии в мире в настоящее время вырабатывается тепловыми и атомными станциями, которые используют для охлаждения морскую воду. Это не просто охлаждающая жидкость, как антифриз в моторе автомобиля, а обычная морская вода, населенная многими миллионами личинок беспозвоночных, фито- и зоопланктоном. В трубопроводы могут попасть икра и молодь промысловых рыб. Экосистема водоема-охладителя не может рассматриваться в отрыве от сугубо технических биотопов, таких как тракты водоснабжения с их населением, это единая система со своими особенностями взаимосвязей. Она носит собственное название – антропогенная экосистема, или техноэкосистема, имеющая ряд отличий от экосистемы природной.

Очень важным аспектом загрязнения водного бассейна Земли является тепловое, или термальное загрязнение, которое представляет собой сброс подогретой воды с промышленных предприятий и тепловых электростанций в моря и пресные водоемы. Так, тепловая электростанция мощностью 3000 МВт сбрасывает ежесуточно около 10 млн м³ воды, подогретой на 8–12 °С. Экономические потери от воздействия сбросных вод этих предприятий на прибрежные водные экосистемы достаточно высоки. Кроме того, для всех групп планктона, икры и мальков рыб прохождение через трубопроводы систем охлаждения может оказаться губительным.

Однако и технические объекты, в частности системы водоснабжения, не изолированы от воздействия жизнедеятельности организмов, которые могут оказывать существенное влияние на их работу. Это можно оценить как достойный ответ Природы на нежелательное антропогенное вмешательство. Так, сообщества ги-

добионтов водоемов-охладителей энергетических станций существенно влияют на процессы формирования качества воды, а также являются причиной разнообразных биологических помех в работе оборудования.

Все перечисленные выше явления изучает техническая гидробиология, которая, в свою очередь, является одним из разделов прикладной гидробиологии. Ключевые задачи прикладной гидробиологии определяются разнообразными проблемами человеческого общества при его взаимосвязях с биологическими процессами в гидросфере. Объектами технической гидробиологии являются процессы воздействия технических факторов на водные экосистемы, биологические помехи в водопользовании, в эксплуатации гидросооружений, плавсредств, повреждения, вызываемые гидробионтами, проблемы, связанные с формированием необходимого качества воды. Особое место в этом списке занимают системы охлаждения промышленных предприятий. Экономический ущерб от зарастания водоводов морскими организмами в мировом масштабе исчисляется миллионами долларов.

Наиболее широкое развитие на практике нашло лишь одно направление защиты от обрастания – химическое, которое активно разрабатывается во многих развитых странах и в настоящее время. Оно связано с использованием ядовитых красок и других покрытий, которые убивают не только обрастателей, но и любых других водных животных. По этой причине обрастание водоводов чаще всего удаляется механическим способом. При этом биомасса такого нежелательного «урожая» нередко исчисляется сотнями тонн, и возникает очередная проблема его утилизации.

Несмотря на обилие существующих в настоящее время способов защиты от обрастания до сих пор нет радикального метода, способного полностью его предотвратить. В результате последних исследований предложена общая концепция экологически безопасной хемобиологической защиты. Однако пока исследования в области такой защиты не выйдут из эмпирической стадии, трудно рассчитывать на быстрый прогресс.

Таким образом, становится очевидной актуальность проблемы техноэкосистем энергетических станций с охлаждением морской водой, чему посвящена данная книга. Для ознакомления читателя с этой проблемой приведен обзор основной доступной нам мировой литературы. Детальные исследования техноэкосистем проведены нами на примере Владивостокской ТЭЦ-2.

В настоящей книге освещены узловые моменты этой серьезной проблемы современной экологии. Нами установлены таксономический состав, характеристики обилия и разнообразия обрастания системы охлаждения ВТЭЦ-2. Выявлена структура сообществ обрастания, в том числе мейофауны, исследовано влияние движения воды на распределение обрастания водозаборных тоннелей. Нами охарактеризованы сукцессионные процессы обрастания и сезонная динамика основных групп планктона в водозаборном ковше и месте сброса отработанных вод. Показано влияние систем охлаждения промышленных предприятий на функционирование морских экосистем. Проведенное исследование имеет также прикладное значение. Нами выявлены основные биопомехи, вызванные обрастанием систем охлаждения, и разработаны некоторые практические рекомендации по их

устранению. Кроме того, установлена роль систем охлаждения предприятий в расселении видов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ФЦП «Мировой океан» на 2008–2012 гг. (госконтракт № 01.420.1.2.0003 от 07 ноября 2008 г.); грантов РФФИ-ДВО 09–04–98580-р_восток_a; РФФИ 09–04–00087-а; целевой комплексной программы ДВО РАН «Биологическая безопасность дальневосточных морей Российской федерации» на 2009 г., гранта ДВО-1 № 09-1-ОБН-08 «Оценка состояния морской среды методом биоиндикации по диатомовым сообществам обрастаний на природных и антропогенных субстратах» (2009–2011 гг.); грантов ДВО-1 09-1-П15–03, 09-1-П16–04, 09-1-П23–01; гранта фонда APN ARCP2006-FP14-Adrianov.

Сбор и первичная лабораторная обработка материала, положенного в основу этой книги, выполнены при непосредственном участии А.Ю. Звягинцева в лаборатории экологии шельфовых сообществ Института биологии моря ДВО РАН. Материал полностью обработан и частично опубликован, в настоящей книге приведено обобщение собственных и литературных данных. Таксономическая идентификация проведена следующими специалистами ИБМ ДВО РАН: макрофиты – И.Р. Левенец, фитопланктон и перифитон – А.А. Бегуном, зоопланктон – В.В. Касьян, меропланктон – В.А. Куликовой и О.М. Корн, мейофауна – Л.С. Белогуровой, гидроиды – С.Ф. Чаплыгиной, многощетинковые черви – Э.В. Багавеевой, усоногие раки – А.Ю. Звягинцевым, двустворчатые моллюски – М.Б. Ивановой, брюхоногие моллюски – В.В. Гульбиным, голожаберные моллюски – А.В. Чернышевым. Асцидии определены сотрудником КИЭП ДВО РАН К.Э. Санамяном. Авторы выражают этим специалистам искреннюю признательность. Пользуемся случаем выразить благодарность ведущему научному сотруднику ИБМ А.В. Чернышеву за предоставление данных о нахождении голожаберных моллюсков в системе охлаждения ВТЭЦ-2. Мы также благодарны руководителю промышленно-санитарной лаборатории Службы экологии ВТЭЦ-2 Н.И. Ермоленко за предоставление гидрологических данных и старшему научному сотруднику ИБМ М.А. Ващенко за консультацию при обсуждении этих данных. Искренне признательны мы и сотрудникам ИБМ ДВО РАН С.И. Масленникову и И.А. Кашину за помощь в организации сбора материала, а также сотрудникам станции Ю.С. Емелину и Э.Ф. Антонцеву за помощь в сборе материала и предоставление информации по системе охлаждения ВТЭЦ-2. Мы благодарим д-ра биол. наук, проф. А.А. Протасова (Институт гидробиологии НАН Украины, Киев) за ценные советы и замечания в ходе подготовки монографии. Авторы выражают благодарность д-ру биол. наук, академику РАН А.В. Адрианову за тщательное научное редактирование рукописи.

ВВЕДЕНИЕ

Большинство производственных процессов во многих отраслях промышленности требуют особых температурных условий, и охлаждение нагреваемых деталей конструкций предприятий становится частью технологии производства. Значительная часть электроэнергии в мире в настоящее время вырабатывается тепловыми и атомными станциями. Все эти станции используют для охлаждения пресную или морскую воду, рассеивая в прилегающие акватории огромное количество тепла с подогретыми водами [Протасов и др., 1991]. Водяное охлаждение в установках оборотного водоснабжения применяется также в шахтах, на морских судах, при перегонке нефти, сжижении газа, в промышленном оборудовании при производстве ледяной воды, необходимой для изготовления пластмасс, а также в вакуумных установках технологического оборудования (лазеры, томографы, экструдеры) и т.д. Таким образом, промышленное водяное охлаждение является важной составной частью любого производственного процесса.

Системы водоснабжения промышленных и энергетических предприятий (водозаборные, проводящие и охлаждающе-фильтрующие устройства) представляют собой VI тип антропогенных субстратов [Резниченко, 1978]. Это абсолютно неподвижные объекты, находящиеся в основном на суше при удалении от границ водоема до нескольких километров, т.е. их можно назвать «внеэкваториальными». Начальные участки систем охлаждения имеют контакт с бенталью, однако главное их взаимодействие осуществляется с прибрежным слоем пелагиали обычно в пределах 5 м. По скорости течения в них потока воды они стоят на втором месте после действующих судов, характеризуются полным отсутствием света. Из всей суммарной площади антропогенных субстратов Мирового океана на VI тип приходится менее 0,2%, однако биоповреждения этого типа субстрата обрастанием и связанный с ними материальный ущерб весьма велики. В последние десятилетия в промышленно развитых странах наметилась тенденция к перемещению тепловых электростанций и промышленных предприятий на морские побережья. Так, только в США более трети силовых электростанций страны располагаются недалеко от морских берегов. Среднесуточный забор морской воды этими станциями уже в 1970-е годы исчислялся миллиардами литров [Young, 1971].

Проблемы, возникающие при эксплуатации систем охлаждения промышленных предприятий, делятся на две категории. Первая из них – это обрастание си-

стем охлаждения и вызываемые им биопомехи эксплуатации этих систем. Вторая проблема – воздействие сбросных отработанных вод после прохождения систем охлаждения на прибрежные водные экосистемы, прежде всего действие термального загрязнения.

Условия в морских водоводах отличаются от природных большей скоростью потока воды, что исключает возможность существования одних обрастателей и в то же время способствует росту и развитию других видов – баланусов, гидроидов, мидий. Высокая скорость течения может препятствовать оседанию личинок и существованию подвижных животных, для которых необходим соответствующий биотоп из развитого обрастания. Скорость потока определяет не только качественный состав, но и обилие обрастания. Так, в Ньюфаундлендском морском водоводе наиболее мощное обрастание развивалось при скорости около 20 м/мин, в то время как при 40 м/мин и менее 10 м/мин, а также при прерывистом водоснабжении обрастание отсутствовало [Sergy, Evans, 1975].

Развитие в морских водоводах мощного обрастания обусловлено их конструкцией, при которой вода забирается в одном месте, а сбрасывается в другом [Милейковский, 1981]. Протяженность водозаборов может значительно варьировать – от 10 м до 1 км. В любом случае наносится значительный ущерб гидробионтам и окружающей среде. При попадании в заборные трубы систем водяного охлаждения электростанций и промышленных предприятий морская вода содержит фито-, меро- и голозоопланктон, мелких беспозвоночных бентоса, а также молодь рыб и их икру. Проходя через трубопроводы, вода подвергается значительному нагреву: при ее сбросе во внешнюю среду температура водоема оказывается обычно на 5–10, а иногда и на 12–24°C выше естественной. Кроме того, во многих случаях вода подвергается хлорированию. Оба этих фактора вызывают механическое повреждение и частичную гибель планктонных организмов и икры рыб, существенно влияя на их выживаемость и способность к дальнейшему воспроизводству.

Обрастание систем охлаждения промышленных предприятий. В водоводах промышленных предприятий часто обитают колониальные организмы – мшанки, гидроиды и асцидии. Для них достаточно прикрепления одной личинки, чтобы из нее развивалась мощная колония. В водоводах умеренной зоны в многолетнем обрастании доминирует мидия. В пресноводных водоводах также часто преобладают двустворчатые моллюски: в Европе – дрейссена, в Гонконге и Южном Китае – *Limnoperna fortunei*, в Китае – *Corbicula manilensis*, в США – азиатский вселенец *Corbicula fluminea* [Зевина, 1994]. Обрастанию систем охлаждения промышленных предприятий, использующих для охлаждения пресную воду, а также их воздействию на прибрежные экосистемы посвящено множество научных публикаций, и мы не будем на них останавливаться, поскольку задачей настоящего издания является описание морских антропогенных экосистем.

Как правило, в имеющейся мировой литературе основное внимание уделяется проблемам, связанным с биопомехами от обрастания нормальному функционированию систем охлаждения, а также с воздействием работы промышленных предприятий на прибрежные морские экосистемы. Фундаментальные исследова-

ния с приведением полного списка видов, выделением сообществ, изучением сукцессии сообществ обрастания достаточно редки. К таким работам можно отнести статью известного отечественного специалиста в области изучения обрастания Н.И. Тарасова [1961]. Автором приведены сведения о составе и количественном распределении обрастания систем охлаждения двух электростанций на побережье Японского моря. К сожалению, им не указано конкретное местоположение этих станций, и приведенная информация не может быть использована для конкретных сопоставлений. На основании этих данных может быть подтверждено различие между обрастанием в северной и южной частях моря. Так, в северной части Японского моря трубы зарастали *Balanus crenatus*, *Mytilus trossulus*, *Hiatella arctica*, *Schzoporella sp.*, *Membranipora sp.*, *Tubularia sp.* Биомасса обрастания при этом составляла около 10 кг/м². Для сравнения: в морских водоводах Амурского залива в обрастании доминировали устрицы *Crassostrea gigas* и трубчатые полихеты *Hydroides sp.*

Примерно в это же время проведены гидробиологические исследования Новороссийской ГРЭС на Черном море [Старостин, Уманский, 1967]. Фактором, исключаящим развитие морского обрастания в системе технического водоснабжения этой станции, являлся оригинально построенный водозабор закрытого дренажного типа. Благодаря такому водозабору ГРЭС имеет исключительно чистую охлаждающую воду и чистые водопроводящие коммуникации. За все время эксплуатации водозабора подводные коммуникации не подвергались никакой очистке. Информация для сравнения: в Новороссийске до 1957 г. существовала еще одна электростанция – ГРЭС-2. Вода для охлаждения конденсатора бралась непосредственно из бухты и подавалась от береговой насосной станции по чугунному трубопроводу диаметром 0,8 м и длиной около 200 м. ГРЭС-2 испытывала постоянные трудности из-за сильного обрастания трубопровода мидиями *Mytilus galloprovincialis* и баланусами *Amphibalanus improvises*.

Результаты исследований этих авторов показали, что в водоводы Новороссийской ГРЭС через дренажный водозабор проникают лишь единичные личинки обрастателей, а вся их огромная масса, в том числе весь зоопланктон, остаются на поверхности дренажа. В данном случае основными задерживающими слоями являются илистый и песчаный грунты, находящиеся непосредственно под водой в открытой части бухты. Известно, что слой песка толщиной всего 3 см полностью задерживает личинок обрастателей [Lou Kang-hou, 1958; цит. по: Старостин, Уманский, 1967]. Кроме личинок обрастателей дренажная система задерживает почти всех планктеров, многие из которых могли бы служить кормом для взрослых обрастателей. Последнее обстоятельство и является лимитирующим фактором в развитии массовых форм морского обрастания технического водоснабжения электростанции.

Преимущества закрытого водозабора дренажного типа заключаются в следующем.

1. Не требуется строительства очистных сооружений и содержания персонала для их обслуживания.
2. Трубопроводы открытых водозаборных сооружений требуют периодических отключений на очистку от обрастателей, что связано кроме затрат на соб-

ственно очистку с отключением технологического оборудования, водоснабжение которого производится от данного трубопровода, или необходимостью создания 100%-ного резерва по водопроводящим коммуникациям.

3. Чистота профильтрованной через грунт воды улучшает работу теплообменных аппаратов и позволяет длительное время работать с чистыми поверхностями охлаждения, значительно удлиняет межремонтные сроки. Например, исходя из условий работы конденсационных электростанций по самым скромным расчетам можно сказать, что за счет чистоты охлаждающей воды, а следовательно, и чистоты поверхности охлаждения конденсаторов, среднегодовой вакуум на турбинах улучшается минимум на 0,5%, что для электростанции мощностью 100 МВт дает среднегодовую экономию топлива в 1500 т.

Серия работ специалистов бывшего СССР и России посвящена обрастанию промышленных предприятий и энергетических станций на Азовском море [Турпаева, 1987а, б; Парталы, 2003, 2006; Кузнецова, Зевина, 1967; Усачев, 1990; Усачев, Стругова, 1989]. Авторами установлено, что основные обрастатели морских водоводов промышленных предприятий – гидроидные полипы, усонogie раки, моллюски и мшанки. Их развитие и биомасса определяются особенностями участка водовода и скоростью течения воды в нем [Раилкин, 2008]. Сильнее всего обрастают водозаборы и коллекторы. На внутренних стенках труб украинского металлургического комбината «Азовсталь» биомасса гидроидов может достигать 6–10 кг/м² [Старостин, Пермитин, 1963], по другим оценкам [Парталы, 2006] – 5–23 кг/м², усоногих раков – 6, двустворчатых моллюсков – 9, мшанок – 2, а суммарные показатели на решетках – до 16 кг/м².

На разных участках «Азовстали» наблюдалась различная степень обрастания, в котором заметную роль играет гидроидный полип *Garveia franciscana*. На стенках колодцев биомасса этого вида гидроида достигает высоких значений – до 30 кг/м². На внутренних стенках труб его биомасса колеблется в пределах 2–12 кг/м². При значительном обрастании труб возникает угроза аварийных ситуаций в доменном цехе. Из-за внеплановой остановки печей убытки заводу составляли до 200 000 руб. в час.

Известно, что сточные воды предприятий содержат примеси, способные вызывать обеднение фауны и даже исключить ее развитие. Возможность использования стоков для защиты от обрастания рассмотрена Е.П. Турпаевой и Р.Г. Симкиной [1981]. Авторами показано, что сточные воды металлургического завода, не прошедшие очистные сооружения, вызывают массовую гибель обрастателей, в частности, баланусов *A. improvisus*. Прошедшие очистные сооружения воды задерживают рост животных, не вызывая их массовой гибели. Это позволяет рекомендовать заводу использовать сточные воды для борьбы с уже существующим обрастанием в трубопроводах. Подкачивая в водозаборы прошедшую очистные сооружения сточную воду, можно задержать развитие обрастания. Если подкачку проводить с ранней весны, это исключит развитие обрастания летом и постепенно очистит трубопроводы от уже существующего обрастания.

Отечественными специалистами проводятся гидробиологические исследования систем охлаждения АЭС с разработкой практических рекомендаций и за

рубежом. Так, Лабораторией тропических морей ИППЭ РАН (г. Москва) разработаны методы борьбы с обрастанием морского водовода большой мощности (расход воды $\approx 200 \text{ м}^3$) системы охлаждения для проектируемой АЭС «Куданкулам» на юге Индии [Полтаруха, 2000]. Учитывалось, что во время строительства трубопровод будет заполнен морской водой. Мощные источники электроэнергии в районе строительства отсутствовали. Нашими специалистами была дана оценка применимости известных методов борьбы с обрастанием. Для защиты трубопроводов от обрастания были предложены медьсодержащие краски как менее вредные для окружающей среды. В качестве наиболее подходящих рекомендованы системы покрытий на основе эмалей ХС-5298С, ХС-5226, ХС-5268 и Шанс-03, выпускаемые АО «Пигмент» (г. Санкт-Петербург). Эти покрытия существенно дешевле импортных аналогов и обеспечивают защиту от обрастания в тропиках в течение двух лет. Этот срок вполне достаточен для защиты трубопровода во время строительства АЭС.

Сведения об обрастании водоводов промышленных предприятий имелись уже более полувека тому назад в «энциклопедии обрастания» – коллективной монографии американских специалистов Вудс-Холского океанографического института [Marine fouling..., 1952]. По мнению авторов, трубопроводы водоснабжения промышленных предприятий представляют собой места с благоприятными для развития морских седентарных организмов условиями. Потоку воды препятствует уменьшение сечения канала и увеличение шероховатости поверхности. Всегда существует опасность того, что системы могут быть закупорены оторвавшимися организмами у клапанов, сопел и других узких мест системы.

Электростанции, нефтеперегонные заводы и другие потребители морской воды могут испытывать большие трудности, связанные с обрастанием водоводов. Обрастание продолжает накапливаться до тех пор, пока не начинает отрываться и уноситься к решеткам, трубным щитам и помпам. Происходящая при этом закупорка приводит к повышению давления до критического. В результате возникают непредвиденные расходы, связанные с перекрытием водоводов для их очистки. Так, только за год на одной электростанции Новой Англии было вынуто 266 т раковин, а на другой накопился слой раковин толщиной до 6 футов. Кроме механических воздействий накопление отложений, вызванное бактериями, также снижает теплоотдачу конденсаторов. Авторы приводят сведения о том, что в морских водоводах умеренных широт преобладает мидия *Mytilus edulis*, в более теплых водах – гребешок *Pecten latiauratus*. Водоросли в составе обрастания встречаются только на освещенных участках сооружений.

Несколько слов о методах защиты от обрастания трубопроводов. Самым первым способом борьбы с таким обрастанием был подогрев циркулирующей по системе воды. Стоимость этого метода достаточно высока, так как он связан с затратой топлива для подогрева воды. Использование различных отравляющих веществ представляет опасность даже для человеческой жизни. Авторами монографии показано, что уже в то время на промышленных предприятиях для предотвращения обрастания трубопроводов морской воды с успехом применяется хлор. Опыты показали, что остаточная концентрация хлора, всего 0,25 части на милли-

он, полностью предохраняет от обрастания. Применение необрастающих красок авторы считают нецелесообразным из-за необходимости их частого обновления. Предлагается много способов защиты водоводов от обрастания, но очень немногие из них экономически выгодны и безопасны [Карпов и др., 2007]. Поэтому способы защиты должны отвечать всем современным требованиям.

В соседней с Приморьем Японии десятки теплоэлектростанций имеют систему охлаждения морской водой, и, естественно, проблема обрастания здесь весьма актуальна. Японскими специалистами-биологами проводится постоянный контроль процесса обрастания и вырабатываются соответствующие рекомендации по его предотвращению [Kiyono, 2003; Sakaguchi, 2003].

В 1992 г. Комитетом по защите окружающей среды Ассоциации технологий тепловых и атомных электростанций проведено анкетирование всех тепловых электростанций Японии [Kiyono, 2003]. Всего было исследовано не менее 296 станций. В результате установлено, что на многих станциях извлекали до 100 т организмов-обрастателей, а на некоторых до 1000 т. На столь обширном материале автору удалось оценить современный уровень мероприятий по борьбе с организмами-обрастателями на электростанциях Японии, выявить ущерб, вызываемый этими организмами. На тех станциях, где биомасса обрастателей превышала 100 т в год, ущерб имел тенденцию к увеличению. Приведены основные методы борьбы с обрастанием водоводов, показаны проблемы, возникающие при использовании этих методов. Так, недостатками могут быть токсичность необрастаемых покрытий, трудность уничтожения вновь осевших обрастателей и мн. др. Автором показано, что эти мероприятия не являются безопасными для окружающей среды. По мнению автора, проблема зарастания водоводов станций Японии на морских побережьях стоит гораздо острее, чем, например, в США, где станции используют для охлаждения пресную воду рек или озер.

Другим японским автором показаны перспективы технологий борьбы с обрастателями на электростанциях [Sakaguchi, 2003]. Им детально описано устройство системы охлаждения станций, проанализирован вред, наносимый обрастателями (увеличение сопротивления потоку охлаждающей воды, уменьшение ее общего полезного объема; снижение мощности насоса). При покрытии пароконденсатора бактериально-диатомовой пленкой снижается коэффициент теплопередачи и как результат – уменьшается к. п. д. выработки электроэнергии. Обрастатели при попадании в трубки пароконденсатора вызывают их коррозию. После механического удаления обрастателей из системы охлаждения требуется ее соответствующая обработка для предотвращения их повторного оседания. Автором приведены современные меры борьбы с обрастателями водозаборов, детализирована их классификация. Им описан научный эксперимент по изучению связи между скоростью потока и способностью обрастателей к оседанию. Показано, что увеличение скорости снижает количество осевших организмов. Автор считает, что примеров использования подогретой воды для уничтожения обрастателей в Японии очень мало, в то время как в Европе и Америке этим методом пользуются давно. Поставлен вопрос о создании заслона для видов-вселенцев, как, например, дрейссены в Великих Американских озерах. Она вселилась из Европы и стала основным обрастателем систем охлаждения станций.

В мае 2006 года в системе охлаждения гидроэлектростанции в Рио-де-Жанейро (Бразилия) обнаружено массовое развитие обрастания, вызывающего ощутимое снижение эффективности теплообменника и последующее нагревание подшипников [Grohmann, 2008]. Основу биомассы обрастания составлял эвригалинный вид гидроида *Cordylophora caspia* [Pallas, 1771]. Согласно сообщению технической группы станции, для нормальной эксплуатации электрогенерирующих турбин радиаторы очищали от обрастания каждые 6 лет. Однако после первого обнаружения обрастания в теплообменниках оно обычно начинало снова оседать через четыре месяца после очистки, с последующим повышением температуры системы охлаждения. Ситуация оказалась весьма серьезной и привела к высоким эксплуатационным расходам, увеличению времени простоя при очистке труб от обрастания.

Ряд работ иностранных специалистов посвящен какой-либо одной группе обрастателей в системе охлаждения или всего одному виду. Так, в одной из работ анализируется роль мшанок [Aprosi, 1988], в другой – зеленой мидии *Perna viridis* [Gunasingh et al., 2002]. В работе, посвященной основному обрастателю трубопроводов в Индии *Perna viridis*, основное внимание уделено методам защиты, в частности хлорированию. Аналогичные исследования обрастания трубопроводов мидией съедобной *Mytilus edulis* проведены канадскими специалистами (<http://www.dfo-po.gc.ca/Library/244043.pdf>).

Специалистами Нидерландов предложен метод уменьшения обрастания систем охлаждения на основе биофильтрации технологической воды [Meesters et al., 2003]. Ими был разработан биофильтр, предотвращающий обрастание ассимилируемого органического углерода (АОК). Биофильтр был протестирован в лаборатории на модели системы охлаждения воды, включая теплообменник и башню. Вторая, аналогичная модель без биофильтра служила контролем. Было показано, что биофильтр улучшил качество охлаждающей воды путем уменьшения содержания АОК, количества видов бактерий в 30–40 раз и мутности (OD660). Был сделан вывод, что удаление АОК методом биофильтрации является перспективным и экологически чистым, способствует уменьшению обрастания промышленных систем охлаждения.

Довольно часто встречаются работы иностранных авторов, посвященные исключительно разработке методов предотвращения и защиты от обрастания трубопроводов морской воды, при этом отсутствует информация о составе и количественных показателях обрастания. В таких случаях имеет место ошибочное мнение некоторых специалистов, которое можно сформулировать следующим образом: «Мне не нужно изучать обрастание, я его и так уничтожу». Как показала практика, разные виды по-разному реагируют на нагревание, необрастаемые краски, ультразвук и иные способы защиты, и в каждом отдельном случае необходимо детальное исследование всего сообщества обрастания и слагающих его видов. Упомянем несколько таких работ. Итальянскими специалистами [Cristiani, 2005] были предложены новые усовершенствованные методы защиты конденсаторов электростанции от обрастания. Использование хлора для предотвращения обрастания было запрещено в Венецианской лагуне, и были протестированы, оптимизированы и окончательно адаптированы альтернативные методы. В настоящее

время на ряде станций вместо гипохлорита натрия используется диоксид хлора. В некоторых случаях предлагается использование уксусной кислоты и аммониевых солей. Эффективность разработанных методов подтверждена экспериментально. Эффекту хлорирования охлаждающей воды посвящены целые обзоры, например, П. Гудмана [Goodman, 1987]. Это обзор 46 библиографических источников на тему электрохлорирования морской воды.

Термальное загрязнение. Сброс в море нагретых вод, прошедших через системы охлаждения электростанций и промышленных предприятий, или так называемое термальное загрязнение, относится ко второй по вредности категории факторов загрязнения моря [Милейковский, 1977]. На структуру фитопланктонных сообществ в районе сброса термальные воды электростанций оказывают незначительное воздействие, приводя к уменьшению видового разнообразия и количественных показателей. При сбросе в море нагретых вод из системы охлаждения теплоэлектростанций, когда температура воды даже немного превышает естественную в районе сброса, стимулируется либо подавляется развитие ряда видов гидробионтов [Nauman, Cory, 1969]. Общий объем термального сброса никем не подсчитывался, однако на основании ряда данных можно сделать вывод о масштабах этого явления. Было подсчитано, что только в США для систем водяного охлаждения электростанций используется 4 млн м³ пресной и морской воды в 1 мин, при этом температура воды при сбросе на 5–15°C превышает температуру естественных вод. В Японии только атомные станции расходовали на охлаждение 130 тыс. м³ морской воды в 1 мин [Niwa, 1973]. Хантерстонская атомная станция в Шотландии сбрасывает в зал. Ферт-оф-Клайд 91 м³ воды в 1 ч с температурой на 8–10°C выше природной. В результате поверхностная температура воды залива в районе термального сброса поднимается на 3–5°C [Barnett, 1972]. Чаще всего температура воды в местах термальных сбросов электростанций Европы превышает обычную на 5–6 °C [Милейковский, 1977].

Нагрев воды может привести к снижению фотосинтеза у растений, интенсификации обмена веществ у животных, усилению их восприимчивости к токсическим веществам и возбудителям заболеваний, что может вызвать их массовую гибель. В результате стагнации вод могут иметь место случаи массового развития водорослей, а следовательно, и процесса гниения, угнетающе действующего на многие виды. В итоге нарушается нормальный экологический баланс сообществ природных вод в районе термального сброса. Известны случаи гибели целой популяции промыслового двустворчатого моллюска *Mya arenaria*, замещенного мелким непромысловым видом *Gemma gemma*, имеющим более высокий уровень теплоустойчивости. В то же время термальное загрязнение, напротив, стабилизирует популяцию мидий *M. edulis*, угнетая питающихся ими хищников [Милейковский, 1977].

Термальное загрязнение может влиять и на распределение флоры и фауны. Для Атлантического побережья США известно уменьшение зарослей цветкового растения *Ruppia maritima* при расцвете эпифауны [Nauman, Cory, 1969]. В зал. Бискейн термальное загрязнение вызвало болезни и гибель макрофитов и изменения в составе зообентоса. У побережья Флориды установлено влияние термального загрязнения на распределение и миграции промыслового краба *Callinectes*

sapidus, на Гавайских островах оно вызывает гибель кораллового рифа и превращение его в мертвый известняк [Милейковский, 1977].

Большое внимание уделяется термальному загрязнению австралийскими специалистами [Bath et al., 2004]. Авторами детально описан всесторонний процесс разработки и контроля изменения температурных показателей воды, сбрасываемой после прохождения системы охлаждения крупных промышленных предприятий. Описан процесс экологического мониторинга в районе водозабора, а также в прилегающих морских акваториях. В деталях освещено влияние термального загрязнения промышленными предприятиями в зал. Святого Винсента (Южная Австралия) [Eduvane, 1999]. Автором показано, что достижение в пределах устья реки температуры 38°C привело к биоинвазиям и акклиматизации тропических видов полихет *Cirriformia punctuata* и *Pseudopolydora* sp. Столь высокая температура оказалась летальной для аборигенного вида краба-плавунца *Portunus pelagicus*.

Австралийскими специалистами проанализировано влияние сбросных вод предприятий-опреснителей морской воды на прибрежные экосистемы (<http://ses.library.usyd.edu.au/bitstream/2123/1897/1/Desalination%20Plants.pdf>). Технологической группой Сиднейского университета в финальном проекте освещены следующие аспекты проблемы. Показан дефицит во многих странах пресной воды и обоснована необходимость строительства предприятий по опреснению морской воды. Однако экологические организации Австралии на основании негативного воздействия сбросных вод на окружающую среду выражают протест созданию таких предприятий. Обоснован такой протест воздействием перемен значений солености и щелочности, а также термального загрязнения. Авторами проекта предложена программа экологического контроля для сохранения естественного состояния прибрежных морских экосистем и биологических ресурсов.

Бразильскими специалистами [Kirca et al., 2006] проведено моделирование теплоотдачи охлаждающей сбрасываемой воды промышленного предприятия в лабораторных условиях. Показана корреляция колебания температуры с приливным течением. По мнению авторов, эффективным средством предотвращения термального загрязнения может быть волнорез. Большое внимание уделено специалистами при проведении предварительной экспертизы состояния окружающей среды и возможных последствий термального загрязнения в проекте строительства крупной электростанции в Пакистане (<http://www.kesc.com.pk/project-disclosure.html>). Ими предложено специальное устройство для минимизации механических повреждений организмов, попадающих в водозабор станции.

Прогнозирование функционирования систем водяного охлаждения необходимо для патентования энергетических установок и предсказания таких процессов во времени. Специалистами США построена современная трехмерная, зависящая от времени и физически обоснованная гидротермальная модель [Quamgul et al., 2002]. Данная модель обеспечивает надежное предсказание трехмерной тепловой структуры и потоков сбрасываемой промышленными предприятиями воды в озерах, реках, устьях и морских прибрежных водах. Модель также используется

для установления факта повреждения прямоточным охлаждением сбалансированной природной водной экосистемы в зависимости от видовой принадлежности и размеров икры и личинок рыб.

Американскими учеными разработан также ряд природоохранных проектов, связанных с воздействием термального загрязнения на морские экосистемы. Ими детально анализируются последствия физического воздействия и механических повреждений гидробионтов в системе охлаждения станций в ряде штатов – Огайо, Калифорния и многих других. Разработанные проекты экспертизы в области морской биологии включают долгосрочные контракты с энергетическими станциями США (www.westonsolutions.com).

В большом обзоре М. Фостера [Foster, 2005] проведен детальный анализ научных работ, посвященных воздействию тепловых станций на прибрежные морские экосистемы. Обзор подготовлен для Калифорнийской энергетической комиссии. Почти 17 миллиардов галлонов морской воды ежедневно проходит через системы охлаждения 21 станции этого штата. В данном обзоре затронуты практически все проблемы, связанные с воздействием тепловых и атомных энергостанций на функционирование морских экосистем.

И. Хунгом с соавторами [Hung et al., 2005] детально проанализированы термальное загрязнение и его последствия для окружающей среды. Такие изменения природных условий названы ими драматическими. Показан вред сбросных подогретых вод для аборигенного населения прилегающих к такому предприятию акваторий. Особую роль авторы отводят нежелательным чужеродным организмам, способным вызвать глобальные изменения в составе и количественных показателях местной флоры и фауны. В подогретых водах уменьшаются соленость и содержание кислорода. Кроме того, нагревание воды усиливает анаэробные процессы, что может отрицательно влиять на эстетическое восприятие данного водоема – цвет воды, ее запах и т.п. Во многих развитых странах контроль и регулирование сбросных подогретых вод промышленных предприятий подкреплены законодательными актами. Авторами предельно просто сформулирована данная проблема: имея ведро, полное воды, превратите в нем воду в пар. То есть принципиальная схема уменьшения термального загрязнения – выпаривание подогретой воды. Далее авторы подробно описывают процесс нейтрализации воздействия термального загрязнения на водоем-реципиент.

Альгологами исследовано влияние термального загрязнения тепловой электростанции на фитопланктон в штате Виржиния [Jordan, 1983]. Показано, что плотность бентосных диатомей и планктонной скелетонемы при повышении температуры воды до 37,5°C летом уменьшилась на 25–80 %. Значительно уменьшилось и видовое богатство фитопланктона. Более устойчивыми сообщества фитопланктона могут оказаться в том случае, если подогретая вода будет сбрасываться в ручьи и мелководные заливы. Аналогичное исследование ранее было проведено в штате Калифорния [Briand, 1975]. Автором также отмечена деградация фитопланктонного сообщества после прохождения через систему охлаждения электростанции.

Большой экологический проект ряда природоохранных организаций США представлен на сайте http://www.citizenscampaign.org/PDFs/Licensed_to_Kill_full_

report.pdf. Работа прекрасно иллюстрирована, снабжена соответствующими темами глав эпиграфами. Проект имеет красочное название: «Лицензия на убийство, или как ядерная энергетика уничтожает находящиеся под угрозой исчезновения морских животных и среду обитания с одной целью – сэкономить деньги». Большое внимание в работе уделено проблеме сохранения крупных морских черепах, млекопитающих, рыб и их икры. Авторами проекта предложен ряд конкретных природоохранных мер, которые необходимо принять не только администрациям и министерствам ядерной промышленности, но и всей общественности. Эти меры включают прежде всего призыв к присоединению к местным природоохранным организациям. Пропагандируются работы по продвижению альтернативы ядерной энергии – энергии ветра и солнца. По мнению авторов, возобновляемые источники энергии обеспечивают экономичные, эффективные и экологически безопасные методы выработки электроэнергии. Предложено создать свой собственный веб-сайт, являющийся отличным способом популяризации. Ими предлагается пропаганда проблемы в СМИ – а именно, реклама связи с общественностью проблем атомной промышленности. Авторы проекта призывают общественность принять все доступные меры для того, чтобы остановить «убийство» и нанесение ущерба морской фауны и флоры, а также разрушение среды обитания независимо от финансовой заинтересованности ядерной энергетике.

Китайскими специалистами проведено исследование теплового загрязнения системой охлаждения энергетической станции [Yunli et al., 2006]. Ими предложена двумерная числовая модель процесса сброса нагретых вод после прохождения системы охлаждения электростанции в провинции Янгу. Результаты моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными. Этот метод может дать высокую точность в прогнозировании воздействия термального загрязнения на прибрежные экосистемы.

Хайфонским филиалом Института океанографии (Вьетнам) проведен экологический мониторинг морским прибрежных экосистем в месте выпуска подогретых вод энергетической станции ([http://www.adb.org/Documents/ Environment/Vie/vie_seia_nghi_son.pdf](http://www.adb.org/Documents/Environment/Viet/vie_seia_nghi_son.pdf)). Специалистами-гидробиологами в 41 точке идентифицировано 68 видов зоопланктона, 160 видов фитопланктона, 15 видов макрофитов и 39 видов бентоса. В районе выпуска подогретых вод зарегистрированы серьезные нарушения в структуре и функционировании морских экосистем. Так, коралловые рифы оказались разрушены либо угнетены в диапазоне 6–9 км от места выпуска.

Воздействие термального загрязнения на распределение седентарной фауны и флоры в прибрежных водах исследуется индийскими учеными [Ahamed et al., 1992], известным немецким ученым Отто Кинне [Kinne, 1963]. Специалистом из Малайзии изучено влияние подогретых сбросных вод на распределение и количественные показатели микрообитания – бактериально-диатомовой пленки [Lee, 2003]. Автором показано, что негативное влияние отработанных вод ограничено расстоянием 200 м от места их сброса.

Шведскими специалистами изучено влияние термального загрязнения сбросными водами двух атомных электростанций в Балтийском море ([https://www.fiskeriverket.se/download/18.2fd63c72114a6399bf68000566/ PM009-herring.pdf](https://www.fiskeriverket.se/download/18.2fd63c72114a6399bf68000566/PM009-herring.pdf)). Влияние этих сбросов на рыбные сообщества в прибрежных водах хорошо изу-

чено в долгосрочных программах мониторинга. Была исследована адаптация холодноводных и тепловодных видов рыб к искусственному изменению температуры воды в летний и зимний периоды, при этом основную роль играет нестандартное повышение температуры воды после прохождения водоводов станций. Весьма показателен тот факт, что одним из объектов изучения являлся массовый промысловый вид – сельдь *Clupea harengus*. Изучалось воздействие на взрослое население, а также на мальков. Авторами обзора предложено законодательное решение проблемы воздействия термального загрязнения атомными станциями на выживаемость рыб.

Прохождение планктона через системы охлаждения. Воздействие прохождения фитопланктона через трубопроводы на его состояние может быть различным [Милейковский, 1981]. Отсутствие хлорирования заборных вод почти не сказывалось на продукции фитопланктона при прохождении его через трубопроводы одной из электростанций Нью-Йорка. Однако если они хлорировались, то продуктивность снижалась на 83%. При прохождении фитопланктона через трубопроводы электростанции в Западной Флориде без хлорирования его продукция снижалась на 13%, при хлорировании – на 57%. В других изученных в США случаях хлорирование тоже значительно подавляло первичную продукцию фитопланктона, проходившего через трубопроводы прибрежных электростанций. Кроме того, было отмечено вредное действие хлорирования на жизнь части фитопланктона в море поблизости от электростанций под влиянием сброса отработанных вод.

Прохождение зоопланктона через трубопроводы оказывается для него не менее вредным, чем для фитопланктона. Значительная часть популяции *Sopropoda* гибнет в трубопроводах от механических причин. До 90 % яиц различных голозоопланктеров выходит во внешнюю среду утратившими способность к вылуплению. У взрослых копепод, проходивших через трубы электростанций в Мэриленде (США), нагрев воды вызывал гибель лишь небольшой части особей, однако хлорирование приводило к высокой смертности. В трубопроводах электростанции на побережье Лонг-Айленда гибло около 70 % копепод, а на другой станции при нагреве заборных вод выше 34°C наблюдалась их 100%-ная смертность. Для тепловодных копепод выдерживание при температуре, характерной для нагретых сброшенных вод электростанции, повышает смертность зимой по сравнению с летом вдвое. Снижение численности копепод после прохождения через трубопроводы наблюдалось и при работе атомной станции на побережье Японии [Милейковский, 1981].

Австралийскими учеными были исследованы изменения плотности копепод, науплиев баланусов и личинок двустворчатых моллюсков на входе и выходе из системы охлаждения большой энергетической станции [Simpson et al., 1981]. Существенных изменений численности копепод после прохождения через систему охлаждения не отмечено, однако значительно уменьшилось количество науплиев баланусов и личинок двустворчатых моллюсков, а также увеличилась численность науплиев морских уток. Обсуждаются возможные причины таких изменений.

Отечественными специалистами в одной из последних работ [Kartasheva et al., 2008] оценивается токсичность воздействия на зоопланктон во время его про-

хождения через трубопроводы водоснабжения ядерных и тепловых электростанций. Описываются общие подходы к исследованию проблемы, особое внимание уделяется особенностям охлаждающих резервуаров и их экосистемы. Представлен комплексный анализ смертности зоопланктона в различных условиях по мере прохождения разных участков системы охлаждения. Данные полевых и лабораторных исследований позволяют установить основные факторы, вызывающие повреждения и смертность зоопланктона. Показано, что зоопланктон является наиболее уязвимой группой при прохождении трубопроводов, это может быть вызвано стрессом. Результаты работы наглядно демонстрируют, что комплексные полевые наблюдения и лабораторные исследования помогут надежно оценить влияние электростанции на зоопланктон и прогнозировать смертность организмов.

Меропланктон, судя по литературным данным, более вынослив при прохождении через трубопроводы, чем две предыдущие экологические группировки. Так, личинки двустворчатых моллюсков могут без вреда для себя проходить через трубопроводы, нормально оседать и развиваться вблизи электростанций. Однако при прохождении через трубы бокоплавов рода *Gammarus* без хлорирования воды гибнет 10 %, а при хлорировании – 50 % особей.

Долгое время существовало мнение, что молодь рыб проходит через трубопроводы электростанций без вреда для себя. Однако новые исследования показали, что эти данные ошибочны. Первые исследователи имели дело с очень крупной молодью и не очень сильным нагревом заборных вод в трубопроводах. На самом деле смертность среди молодежи рыб весьма значительна, и часть видов из-за нее может вообще исчезать из района расположения электростанции. Смертность личинок и молодежи рыб обуславливается в разных случаях механическими причинами, хлорированием воды, обогащением ее разными ионами и самим нагревом [Милейковский, 1981].

Имеются и работы прикладного характера, описывающие использование планктона, который проходит через трубопроводы промышленных предприятий. Две системы сбора зоопланктона в системе водяного охлаждения были разработаны шведскими специалистами [Andersson, 2004] в целях кормления мальков рыбы. Одна система состояла из вращающихся сеток (диаметр 60 см), которые фильтровали планктон из охлаждающей воды. Воду из сети, обогащенную планктоном, перекачивали и обрабатывали на станции, где фракции нежелательного размера удалялись, после чего вода подавалась для кормления молодежи рыб. Данная система протестирована на атомной электростанции и признана перспективной, при этом полезная биомасса собранного планктона составляла в среднем 280 г в день. Другая система основана на привлечении планктона с использованием подводных светильников и насосов. Планктон дифференцировался по размеру с помощью специальной пустой корзины, закрепленной вокруг лампы. На атомной станции на западном побережье Центральной Балтики моря биомасса собранного планктона достигала 570 г за одну ночь. Обе системы находятся лишь в начальных стадиях разработки. Предложены и обсуждены методы их усовершенствования.

Из всего сказанного выше следует несколько выводов.

- Системы водяного охлаждения электростанций и промышленных предприятий на морских побережьях в какой-то степени контролируют численность, био-

логическую продуктивность и воспроизводство планктона, бентоса и нектона в районах своего расположения.

- Стопроцентная гибель организмов наблюдается достаточно редко, но какая-то часть их все же погибает.

- Наиболее опасным и губительным фактором для гидробионтов является хлорирование заборных вод.

- При эксплуатации морских трубопроводов необходимо четко контролировать режим хлорирования и нагрева заборных вод в трубопроводах для недопущения необратимых процессов в функционировании прибрежных экосистем.

Приведенный выше обзор литературы, естественно, не может претендовать на завершенность и не дает исчерпывающей информации по проблеме обрастания систем охлаждения ТЭЦ и воздействия их на прибрежные морские экосистемы. В то же время приведенная нами информация позволяет судить об основных направлениях исследования этого явления в разных странах, его высокой актуальности и заинтересованности правительств большинства развитых стран в решении этой проблемы, вызывающей многомиллионные убытки. Следует отметить, что подавляющее большинство рассмотренных работ носит прикладной характер с целью разработок любых рекомендаций и методов предотвращения биоповреждений и минимизации антропогенного воздействия станций на морскую биоту. Классические фундаментальные исследования обрастания систем охлаждения предприятий крайне редки, а если таковые встречаются, то, как правило, они либо посвящены отдельной группе организмов, либо носят описательный характер. Исследования с приведением полных видовых списков, выделением сообществ обрастания современными методами, описанием процессов формирования этих сообществ, детальным анализом всей морской экосистемы в районе работы ТЭЦ в доступной нам литературе отсутствуют.

В 2001 г. Институтом биологии моря ДВО РАН была организована работа по исследованию морского обрастания системы охлаждения Владивостокской ТЭЦ-2 и влияния ее функционирования на прибрежные экосистемы. Основная часть материала обработана и опубликована (ссылки на эти работы имеются в соответствующих главах).

Цель настоящей работы – изучение морских антропогенных экосистем водоемов-охладителей энергетических предприятий на примере Владивостокской ТЭЦ-2.

Для достижения цели возникла необходимость решения следующих задач:

- установить таксономический состав и характеристики обилия и разнообразия обрастания системы охлаждения ВТЭЦ-2;
- выявить структуру сообществ обрастания;
- охарактеризовать мейофауну и нематод в сообществах обрастания;
- исследовать влияние движения воды на распределение обрастания водозаборных тоннелей;
- проследить сезонную динамику фито-, меро- и голопланктона в водозаборном ковше и месте сброса отработанных вод;
- изучить сезонную динамику сообществ мейо- и макрофауны;

- исследовать влияние систем охлаждения промышленных предприятий на функционирование морских экосистем;
- выявить биопомехи, вызванные обрастанием систем охлаждения;
- установить роль систем охлаждения предприятий в расселении видов.

Настоящая книга представляет собой попытку восполнить пробел в изучении столь актуального и интересного явления, как биологические помехи эксплуатации энергетических станций и антропогенное воздействие их на морские экосистемы. Именно фундаментальное изучение этого явления – основная задача нашей книги, разработку методов защиты от обрастания и термального загрязнения мы оставляем специалистам. Возможно, содержащаяся в книге информация окажется полезной для них. В работе приведено много фактического материала, который может послужить основанием для более углубленного исследования соответствующими специалистами, например по моделированию экосистем.

Владивостокская ТЭЦ-2 (ВТЭЦ-2) была введена в эксплуатацию 22 апреля 1970 года – к столетию со дня рождения В.И. Ленина. По замыслу Н.С. Хрущева, чтобы Владивосток стал русским Сан-Франциско, ему нужна была мощная ТЭЦ. Электростанция стала частью проекта «Большой Владивосток», утвержденного Советом Министров РСФСР 4 апреля 1961 года. Развитие Владивостока как восточного морского форпоста СССР (военного и торгового) требовало значительного увеличения производства электрической и тепловой энергии.

Проект предусматривал создание системы централизованного энергоснабжения Владивостока. Помимо этого он решал еще одну проблему портового города – замерзание бух. Золотой Рог в зимний период. Сброс в бухту подогретой воды после охлаждения турбоагрегатов на вновь построенной ТЭЦ создал бы предпосылки не только для свободного судоходства, но и для судостроения и судоремонта.

Сегодня Владивостокская ТЭЦ-2 является основным источником тепловой и электрической энергии, а также производственного пара для промышленных, коммерческих и социально-бытовых потребителей. Это самая мощная электростанция в структуре филиала ОАО «ДГК» – «Приморская генерация». За сорок лет непрерывной работы она произвела 76 млрд кВт·ч электрической и 103 млн Гкал тепловой энергии.

В настоящее время на электростанции эксплуатируются 14 однотипных котлов БКЗ-210–140 паропроизводительностью 210 т/ч пара каждый, 4 турбоагрегата с генераторами ТВФ-120–2 и турбинами Т-100–130, имеющими теплофикационные отборы пара, 2 турбоагрегата с генераторами ТВФ-120–2 и турбинами ПТ-80/100–130/13 и ПР-50/60–115/13/1,2, имеющими промышленные отборы пара. Охлаждение двигателей ВТЭЦ-2 производится морской водой.

Система охлаждения ВТЭЦ-2 начинается в водозаборном ковше, расположенном в бух. Сухопутная (рис. 1-1). От открытой части Уссурийского залива ковш отгорожен каменной насыпью (дамбой) из валунов диаметром 0,5–1 м. В центральной части ковша располагается пирс для маломерных судов, подводная часть которого собрана из бетонных блоков. Справа и слева от пирса размещены входные отверстия старого, не используемого в течение ряда лет, и нового водозаборов. Эти отверстия отгорожены от акватории ковша решетками грубой очистки, каждая из которых состоит из ряда плоских стальных параллельных пластин с промежутком 50 мм. За решетками находится бетонная стенка, после огибания которой поток воды попадает на 4 вращающиеся стальные сетки с ячейей диаметром 3 мм. Вода проходит через поверхность сеток внутрь и через специальные отверстия подается насосами в тоннели.

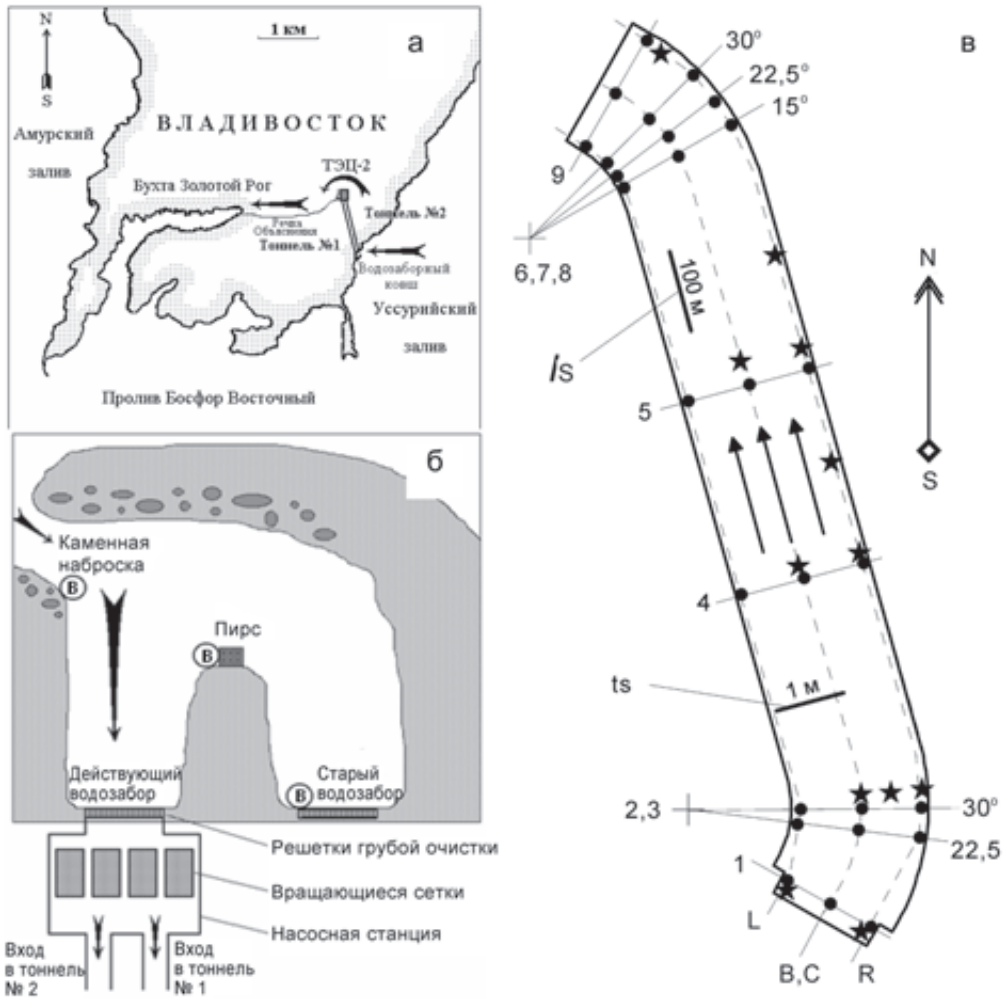


Рис. 1-1. Карта-схема расположения элементов системы охлаждения ТЭЦ-2 г. Владивостока (а), схемы водозаборного ковша, насосной станции (б) и тоннеля (в). Стрелки – направление движения воды. Водозаборный ковш: В – места водолазных осмотров. Тоннель № 2: 1, 2, 3, ...9 – номера поперечных разрезов; L, R, B и C – продольные разрезы по левой и правой стенкам, дну и своду тоннеля, соответственно; l_s и t_s – масштабные линейки для продольного и поперечного размеров тоннеля, соответственно. Тоннель № 1: звездочки – места отбора проб в 3 повторностях

Русла изученных тоннелей относятся к непризматическому типу (по длине русла изменяются геометрические размеры, в данном случае диаметр сечения), имеют неправильную форму (сечение круговое, но глубина заполнения меньше диаметра) и обратный, хотя и незначительный, уклон [Константинов и др., 1987]. Исследованные участки тоннелей начинаются горловиной стальной трубы (диаметр 1,6 м), круто спускающейся к насосной станции. Затем тоннели расширяются до 2 м, делают плавный поворот на 45° против часовой стрелки, следуют с юга

на север-северо-запад (отклонение к западу составляет примерно 15°) на протяжении более чем 800 м и опять поворачивают к западу на 45°, переходя в распределительную систему охлаждения ТЭЦ. Максимальная скорость потока в водозаборных тоннелях достигает 2 м/с.

После прохождения распределительной системы отработанные воды по шахте глубиной 6 м сбрасываются в канал – бетонную конструкцию, проходящую по территории ВТЭЦ-2 около 400 м. Его характерная особенность – постоянный однопоточный поток воды, нагревшейся в системе охлаждения. Далее отработанные воды поступают в р. Объяснения – уникальное явление – реку горного типа с соленой водой, впадающую в куттовую часть бух. Золотой Рог. Для нее характерно сильное течение (около 2 м/с); ее берега – наклонные бетонные стенки, дно – каменная наброска, переходящая в песчаный грунт. Воды реки при нормальных климатических условиях состоят в основном из сбросной морской воды и, кроме того, в нее попадают сточные воды разных предприятий. Во время летних тайфунов река сильно опресняется.

В дальнейшем, для унификации терминологии, ковш и находящиеся в нем гидротехнические сооружения (ГТС), решетку, сетки и тоннели мы будем относить к системе водоснабжения, которая переходит в систему охлаждения, а сбросной канал и р. Объяснения – к системе водоотведения.

1.1. МАТЕРИАЛ

Материалом послужили результаты батометрических и сетевых планктонных съемок, стандартные пробы макро- и мейобентоса, а также данные, полученные в ходе экспериментов по изучению обрастания экспериментальных пластин. Кроме основного материала в работе использованы опубликованные данные бывших и работающих в настоящее время сотрудников ИБМ (А.Ю. Звягинцев принимал непосредственное участие в сборе и обработке значительной части их материала), а также иностранных специалистов.

Исследование морского обрастания аналогично исследованию бентоса [Лукин, 1980] и осуществляется в 4 этапа: 1) сбор материала; 2) камеральная обработка материала; 3) выделение сообществ; 4) анализ полученных данных.

1.2. МЕТОДЫ СБОРА МАТЕРИАЛА

1.2.1. Исследование фито-, зоо- и меропланктона

Пробы фитопланктона отбирали батометрами Молчанова емкостью 2 л у поверхности воды в Уссурийском заливе в водозаборном ковше (бух. Сухопутная) и

кутовой части бух. Золотой Рог (в районе 44-го причала) два раза в месяц в период с мая 2001 по май 2002 г. Материал концентрировали методом обратной фильтрации: исходную пробу фитопланктона объемом 1 л пропускали через нуклеопоровые фильтры с диаметром пор 2 мкм, концентрируя пробу до объема 30–35 мл.

Параллельно на тех же станциях и в тот же период брали пробы планктона сетью Джели с диаметром входного отверстия 37 см из мельничного газа № 59 – весной, летом и осенью дважды в месяц; зимой один раз в месяц. Глубина в районе взятия проб составляла 5 м в водозаборном ковше и 7 м у 44-го причала.

Для выявления вертикальной стратификации меропланктона в Уссурийском заливе 17 июня 2002 г. проведен послойный отбор проб планктона по вертикали в диапазоне глубин 0–20 м. Пробы брали сетью Джели через каждые 5 м на станциях 1, 2 и в водозаборном ковше (рис. 1). Все пробы планктона отбирали в трех повторностях и фиксировали в 4 %-ном растворе формальдегида.

Гидрологические данные были любезно предоставлены промышленно-санитарной лабораторией Службы экологии ВТЭЦ-2.

1.2.2. Исследование обрастания с помощью экспериментальных пластин

Наиболее доступным и широко распространенным методом изучения процесса формирования обрастания являются стендовые испытания с использованием экспериментальных пластин. При испытании лакокрасочных покрытий или иных защитных средств от обрастания необходим контроль эксперимента на нейтральном материале. Таким материалом чаще всего служит органическое стекло, иногда используют бетонные пластины, реже экспонируют пластины, покрытые титаном, алюминиевыми сплавами и т.д. [Звягинцев, 1999].

Динамику оседания и сукцессию сообществ обрастания на экспериментальных пластинках исследовали в водозаборном ковше и бух. Золотой Рог. В этих двух точках, расположенных до и после прохождения морской воды по системе охлаждения станции, на глубине 1 м были установлены две серии экспериментальных пластин из асбоцемента площадью 20×20 см² с последующей съемкой дважды в месяц в течение года. Для изучения динамики оседания обрастателей пластины первой серии дважды в месяц снимали и заменяли на новые. Вторую серию пластин использовали для исследования формирования сообщества обрастания, с них с такой же частотой отбирали пробы обрастания при нарастающем сроке экспозиции: 0,5 мес, 1 мес, 1,5 мес и т.д. Пробы обрастания брали в трех повторностях, фиксировали в 4 %-ном растворе формальдегида.

1.2.3. Методы отбора проб обрастания гидротехнических сооружений

Исследование обрастания системы охлаждения ВТЭЦ было выполнено в летне-осенний период 2001 г. Сбор материала проводили с использованием легко-

Средние значения (*M*) и ошибки репрезентативности (*SE*) биомассы некоторых массовых видов в обрастании тоннеля № 1 из разных проб, взятых в 3 повторностях

Таксон	Проба 1			Проба 2			Проба 3		
	M	SE	%SE	M	SE	%SE	M	SE	%SE
<i>Balanus rostratus</i>	1360	92	6,8	843	118	14,0	516	60	11,6
<i>Jassa marmorata</i>	273	12	4,4	293	23	7,9	1989	160	8,0
Caprellidae	106	17	16,0	410	78	19,0	16	4	25,0
<i>Mytilus trossulus</i>	18333	1590	8,8	12800	901	7,0	813	177	21,8

водолазного снаряжения в соответствии с методикой, разработанной И.А. Кашиным [1982]. Нами проведено опробование при помощи рамки площадью 0,01 м² старого водозабора (вертикальная бетонная стенка, 6 проб, глубина отбора 0,5–5 м), пирса (5 проб с пяти горизонтов, 0–3 м), каменной наброски (7 проб с 7 горизонтов, 0–5 м), решеток грубой очистки (7 проб обрастания разного возраста), вращающихся защитных сеток (1), двух километровых водозаборных тоннелей (72 пробы со свода, стенок и днища), сбросного канала (5 проб со стенок и дна) и р. Объяснения (7 проб со стенок и каменной наброски на дне на глубинах 0–1 м). Стенки водозабора, пирс и каменную наброску изучали водолажным методом, а тоннели, решетки водозабора и вращающиеся сетки – после осушки.

Наибольшую сложность представляло обследование водозаборных тоннелей, так как время работы ограничивалось продолжительностью периода осушения и не превышало одних суток. В первом тоннеле, с целью выяснения сходимости получаемых данных, пробы отбирали в трех повторностях в начале, середине и в конце тоннеля на его своде, днище, правой и левой стенках (рис. 1). Во втором тоннеле для изучения вариаций численности и состава обрастания вдоль и по периметру, отбирали по одной пробе по 9 сечениям (цифры) на тех же уровнях (буквенные обозначения, рис. 1). Пробы обрастания промывали на сите с ячейей 1 мм² и фиксировали 4 %-ным формалином.

Оптимальный размер учетной рамки, достоверно характеризующий количественные показатели животных или растений, экспериментально обоснован М.В. Проппом [1971], который считает, что наиболее удачно пользоваться счетными площадками такого размера, чтобы в каждую них попадало от 1 до 10 (т.е. в среднем 5–6) экз. животных каждого вида. Универсальной рамкой для сообществ обрастания оказалась пробная площадка 0,01 м². На такой площади обычно обитают несколько десятков особей баланусов, мидий, амфипод. Как показала многолетняя практика, полученные нами данные достаточно репрезентативны: при взятии пробы в трех повторностях стандартная ошибка обычно не превышает 15–25 % от средней величины биомассы и плотности поселения. Такие же значения имела ошибка репрезентативности для подавляющего большинства проб, взятых в тоннеле № 1 (табл. 1–1). Это дало основание для ограничения до одной количества проб, отбираемых в каждом биотопе (горизонте гидротехнического сооружения, части тоннеля и т.п.).

1.3. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛА

Подсчет клеток ультра- и нанопланктона проводили в счетной камере Ножотта объемом 0,08 мл, клеток микропланктона и редких видов – в камере объемом 1 мл. Материал фиксировали раствором Утермеля до бледно-желтого цвета. Жгутиковые беспанцирные микроводоросли (динофитовые, эвгленовые, рафидофитовые, зеленые и «мелкие жгутиковые») изучали в нефиксированных пробах. В группу «мелкие жгутиковые» водоросли нами отнесены неидентифицированные пигментированные клетки, чаще флагеллаты, размером 2–6 мкм, принадлежащие к разным отделам. Изучение материала проводили с помощью световой микроскопии (СМ), трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Биомассу водорослей оценивали объемным методом, используя собственные и литературные данные измерений объема клеток каждого вида [Коновалова, 1972, 1974; Нестерова, Василенко, 1986]. Доминирующими считали виды, плотность которых составляла не менее 20 % от общей плотности фитопланктона [Коновалова, 1984]. Видовое богатство определяли как общее число видов, входящих в состав фитопланктона. Под сезонными комплексами, следуя В.Д. Федорову с соавторами [1982], мы понимаем сообщества однородной структуры, существующие в определенные интервалы времени вегетационного сезона, которые соответствуют однородным группам сезонных проб.

Уровень трофности вод определяли по классификации М. Ямада с соавторами [Yamada et al., 1980 a, b]. Согласно этой классификации, уровень трофности вод оценивают, используя список видов-индикаторов и следующую шкалу общей плотности фитопланктона:

- олиготрофный тип (о) $< 3 \times 10^4$ кл./л,
- евтрофный тип (Е) $3 \times 10^4 - 3 \times 10^6$ кл./л,
- экстремально-евтрофный тип (ЕЕ) $> 3 \times 10^6$ кл./л.

Количественный подсчет веслоногих ракообразных проводили в соответствии со стандартными гидробиологическими методиками [Инструкция по количественной обработке ..., 1982]. Подсчет личинок проводили в камере Богорова с использованием бинокуляра МБС-9.

Разборку проб обрастания в лабораторных условиях проводили согласно общепринятой методике обработки бентосных проб [Жадин, 1969]. При камеральной обработке материала выделяли, подсчитывали и взвешивали с точностью до 0,01 г животных и водоросли отдельных групп. По окончании разборки проб макрофиты закладывали в гербарий либо фиксировали 4 %-ным формалином, а представителей фауны макрообрастания – 70%-ным спиртом или 4 %-ным формалином, после чего передавали специалистам для определения.

Таксономическая принадлежность обрастателей установлена сотрудниками институтов ДВО РАН, в основном это специалисты Института биологии моря (см. Предисловие). Животных, определенных до вида или более высокого так-

сономического ранга, подсчитывали и взвешивали с точностью до 0,01 г после обсушивания на фильтровальной бумаге и, по возможности, рассчитывали плотность поселения. По мнению японских исследователей, в большинстве современных работ по обрастанию представлены только параметры биологического характера: число особей, сырой вес, который устанавливается на суше. Для разработки эффективных методов защиты от обрастания они предлагают делать перерасчет сырого веса на суше в сырой вес в воде с учетом количества вытесненной воды [Katsuyama, 1994]. Поскольку разработка методов борьбы с обрастанием не входила в наши задачи, биомасса большей части определенных животных приведена нами по спиртовым фиксациям, для крупных форм двустворчатых моллюсков и усоногих раков – по формалинным. Применение спиртовых и формалинных весов делает наши данные сравнимыми с большинством аналогичных работ. Для животных, строящих убежища (сидячие полихеты в трубках, разноногие раки в домиках), взвешивание проводили вместе с этими образованиями, являющимися продуктами их жизнедеятельности. По окончании определения систематических групп составляли списки видов с указанием местонахождения и количественных показателей каждого вида.

Пробы обрастания для изучения мейобентоса отмывали от грунта на почвенных ситах с нижним газом 48 мкм и фиксировали 4 %-ным формалином. Дальнейшую обработку проб проводили по стандартной методике [Гальцова, 1971]. Отмытую мейофауну окрашивали витальным красителем «бенгальская роза», разбирали по группам и просчитывали под биноклем в камере Богорова. По этой выборке делали заключение о количестве организмов во всей пробе.

1.4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

При выделении сообществ макрообрастателей использовали биомассу (B), плотность поселения (A), встречаемость (F), а также производные индексы $\sqrt{F \times A}$, $\sqrt{F \times B}$ и $\sqrt{A \times B}$. Для оценки характера распределения применяли индекс рассеяния [Elliott, 1971; Максимович, Погребов, 1986]: $I_w = \frac{\sigma^2}{\bar{x}}$, где σ^2 – дисперсия, а \bar{x} – средняя плотность поселения. При случайном распределении $I_w = 1$; $I_w > 1$ указывает на тенденцию к агрегации, а $I_w < 1$ – к регулярному размещению. Статистическую значимость отличий I_w от 1 проверяли при помощи статистики $d = \sqrt{2\chi^2} - \sqrt{2\nu - 1}$, где χ^2 – критерий согласия, а ν – число степеней свободы. С целью получения параметра, характеризующего распределение биомассы обрастателей, рассчитывали индекс, подобный индексу рассеяния: $I_{wb} = \sigma^2 / \bar{X}$, где \bar{X} – средняя биомасса организмов.

Для характеристики разнообразия и доминирования видов в сообществах использовали среднее число видов в пробе (S), индексы Шеннона–Винера (H) и Пилелу (e). Последние два показателя вычисляли по формулам: $H = -\sum p_i \times (\log_e p_i)$ и $e = H / \log_e S$, где p_i – доля i -го вида в общей биомассе. Использование биомассы вместо численности обусловлено невозможностью определения последней у водорослей, колониальных и некоторых одиночных (например, у сидячей полихеты *Hydroides ezoensis*) животных. При вычислении H и e для фито- и зоопланктона, а также микроводорослей перифитона, эпибиозов и нематод использовали плотность.

При статистической обработке применяли различные процедуры и тесты, предлагаемые ППП STATISTICA 6.0 и PRIMER 5.0 [Боровиков, Боровиков, 1998; Clarke, Corley, 2001]. Статистическое сравнение выборок величин различных параметров выполняли на основе непараметрических аналогов t -критерия Стьюдента и однофакторного дисперсионного анализа – тестов Манна–Уитни и Крускала–Уоллиса (нулевые гипотезы – соответственно относительный сдвиг двух распределений отсутствует, и влияния фактора не наблюдается).

Выделение сообществ макрообрастателей, ассоциаций и комплексов фито- и зоопланктона, микроводорослей перифитона и эпибиозов, а также таксоценов нематод выполняли методом групповой средней (метрика – коэффициент Брея–Кертиса) [UNEP, 1995]. Среднее внутригрупповое сходство рассчитывали при помощи подпрограммы SIMPER ППП PRIMER 5.0. В некоторых случаях применяли и другие методы кластер-анализа, предлагаемые ППП STATISTICA 6.0 – Уорда, единичной связи (метрики – евклидово и квадрат евклидова расстояния, коэффициент корреляции Пирсона). Для оценки связей различных параметров вычисляли коэффициент корреляции r с соответствующей статистической оценкой (проверяли нулевую гипотезу $r=0$).

Сопряженность оседания различных видов микроводорослей, пребывания копепод в планктоне и распределений видов макрообрастателей определяли указанными методами кластерного анализа, а также при помощи процедур факторного анализа. Факторы выделяли методами главных компонент; для упрощения их структуры и получения легко интерпретируемых решений использовали различные способы вращения осей – варимакс, квартимакс и т.п. [Афифи, Эйзен, 1982; Ким и др., 1989; Носов, 1990; Кулаичев, 1996]. Число факторов выбирали с соблюдением принципа экономии на основе критериев Кайзера и «каменистой осыпи». В соответствии с принципом экономии из двух конкурирующих решений выбирают модели, включающие минимальное число факторов. По критерию Кайзера отбирают факторы с собственными числами >1 (изменения фактора объясняют $>10\%$ дисперсии измеряемых переменных). Тест «каменистой осыпи» предполагает выбор числа факторов, приходящегося на область наибольшей кривизны линии зависимости собственного числа от своего номера. Ортогональность искомых факторов проверяли иерархическим анализом косоугольных факторов.

Когда факторные решения методами главных компонент и максимального правдоподобия совпадали, применяли статистический критерий согласия χ^2 . Его использование позволяет делать статистические выводы о числе выделяемых факторов и, таким образом, вносить в получаемые результаты элементы конфирматорного факторного анализа. При применении метода максимального правдоподобия выполняли испытания моделей с последовательно возрастающим числом факторов и выбирали наиболее правдоподобное решение. Это такое решение, когда, во-первых, вероятность правдоподобия принимаемого числа факторов достигает максимума, во-вторых – когда она начинает превышать первый пороговый уровень (0,05) справедливости нулевой гипотезы об отсутствии различий остаточной корреляционной и диагональной матриц (значимые корреляции между измеряемыми переменными отсутствуют). Ортогональность искомых факторов проверяли иерархическим анализом косоугольных факторов.

Организмы макробентоса, поселяющиеся на гидротехнических сооружениях (ГТС), создают значительные биопомехи. Обрастание свай, эстакад и пирсов ускоряет коррозию материалов, увеличивает гидродинамическую нагрузку на эти объекты за счет роста размеров и шероховатости [Защита..., 1989]. Кроме того, обрастание ГТС служит источником «заражения» судов организмами-обрастателями [Редфилд, Хатчинс, 1957; Звягинцев и др., 1982 а].

Начальные участки систем водоснабжения контактируют с бенталью, однако в наибольшей степени они взаимодействуют с прибрежным, обычно 5-метровым слоем пелагиали. Эти субстраты характеризуются отсутствием света и большой скоростью тока воды, что исключает возможность присутствия одних организмов и в то же время способствует росту и развитию других – баланусов, гидроидов, мидий. Высокая скорость течения препятствует поселению и существованию целого ряда подвижных животных, для оседания личинок и жизни которых необходимо развитое обрастание, и определяет, таким образом, качественный состав сообществ антропогенных субстратов. Кроме того, скорость потока контролирует и их количественные характеристики [Sergy, Evans, 1975].

Как уже было отмечено, в европейской части России обрастание систем водоснабжения теплоэлектростанций довольно хорошо изучено [Турпаева, 1987; Усачев, 1990; Протасов и др., 1991; Зевина, 1994]. Некоторые данные по составу и количественным показателям обрастания систем охлаждения двух станций на Российском побережье Японского моря приведены в работе Н.И. Тарасова [1961], однако автором не указано точное расположение и название этих объектов. По соседству с Приморьем – в Японии, где проблема обрастания таких систем весьма актуальна, так как десятки электростанций охлаждаются морской водой, проводится постоянный мониторинг обрастания [Kiyono, 2003; Sakaguchi, 2003].

Ниже рассматриваются таксономический состав, обилие и структура сообществ макрообрастания системы охлаждения ВТЭЦ-2, влияние движения воды на распределение обрастания водозаборных тоннелей, а также мейофауна обрастания различных гидротехнических сооружений системы водоснабжения и отведения. На примере нематод анализируется приуроченность ассоциаций мейобентоса к сообществам макрообрастателей и ГТС.

2.1. СОСТАВ И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ МАКРООБРАСТАНИЯ И ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НА НЕКОТОРЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

В макрообрастании гидротехнических сооружений системы охлаждения были обнаружены 90 видов животных и 10 – растений (прил. 1, табл. 1). По чис-

лу видов доминировали двустворчатые моллюски (23), далее следовали разноногие ракообразные (15), многощетинковые черви (10) и иглокожие (8). Красных водорослей и равноногих раков было найдено по 6 видов, усоногих и декапод – по 5, брюхоногих моллюсков – 4. Остальные группы были представлены 1–3 видами.

Число видов в отдельных пробах не превышало 24 (в среднем $11 \pm 1^*$). Видовое разнообразие обрастания в целом было относительно невелико – индекс Шеннона–Винера составлял 1,716 (для отдельных проб – $1,004 \pm 0,027$, максимальное значение 1,627). Как в обрастании в целом, так и в отдельных пробах наблюдалось доминирование небольшого числа видов (обычно 1–2), и выравненность распределений видов по рангам была низка (индекс Пиелу для обрастания в целом составлял всего 0,405, для отдельных проб – $0,474 \pm 0,018$, максимум – 1,000). В среднем общая биомасса обрастания достигала $10,7 \pm 1,4$ кг/м² (максимальная – $63,7$ кг/м²), численность – 6248 ± 594 экз./м² (38400 экз./м²).

Среди организмов, найденных в обрастании исследованных объектов, чаще всех встречались морской желудь *Balanus rostratus* и строящая домики амфипода *Jassa marmorata* (обнаружены в 32,4 % собранных проб; прил. 1, табл. 1). И еще только 3 вида были найдены более чем в 20 % проб: трубчатая полихета *Hydroides ezoensis*, мидия *Mytilus trossulus* и другой желудь *Amphibalanus improvisus* (29,5, 23,0 и 20,1 % соответственно).

Самыми многочисленными оказались все те же *B. rostratus*, *M. trossulus* и *J. marmorata* (1545 ± 223 , 1451 ± 437 и 1055 ± 217 экз./м²; примерно 24, 23 и 17 % от общей численности соответственно), а по биомассе абсолютным доминантом была устрица *Crassostrea gigas* ($3,9 \pm 1,0$ кг/м², 36 %), встречаемость которой не превышала 16 %, а численность достигала в среднем 163 ± 32 экз./м², или 3 % (прил. 1, табл. 1). Заметный вклад в общую биомассу вносили *B. rostratus* ($1,8 \pm 0,3$ кг/м², 16 %), *M. trossulus* ($1,4 \pm 0,4$ кг/м², 13 %), а также два других двустворчатых моллюска – *Modiolus modiolus* и *Crenomytilus grayanus* ($1,3 \pm 0,5$ и $0,8 \pm 0,3$ кг/м², 13 и 8 % соответственно).

По биомассе организмов-обрастателей собранные пробы могут быть объединены в 8 кластеров и, кроме того, 6 проб остаются «не расклассифицированными» (рис. 2-1, табл. 2-1; прил. 1, табл. 2, 3):

- I – группа (21 проба, среднее внутригрупповое сходство 73,7 %, минимальный уровень сходства 41,6 %), состоящая из проб со стенок тоннеля (исключение – *L8*, *L7*, *L1*, *R6*, *R2* и *R1*), дамбы (глубина ≥ 1 м), пирса (1 и 3 м), свода тоннеля (*C2*) и решетки;
- II – группа (13 проб, 86,3 и 71,0 % соответственно), представленная пробами, собранными на дне тоннеля (все пробы), 2 пробами с решетки и по 1 – со стенки тоннеля (*R2*) и сетки;
- III – группа (11; 63,0 и 38,6) из проб свода и стенок тоннеля (*L8*, *L1* и *R1*);
- IV – группа (8; 91,4 и 67,4) из проб, взятых в канале и р. Объяснения (0,3–0,8 и 0,5–0,8 м соответственно), и 2 проб с решетки;
- V – группа (4; 57,3 и 47,6) из большинства проб, взятых в водозаборе (2–5 м);
- VI – группа (3; 59,1 и 54,0) из проб с левой и правой стенок тоннеля (*L7* и *R6*) и пирса (0 м);

*Здесь и далее: \pm стандартная ошибка.

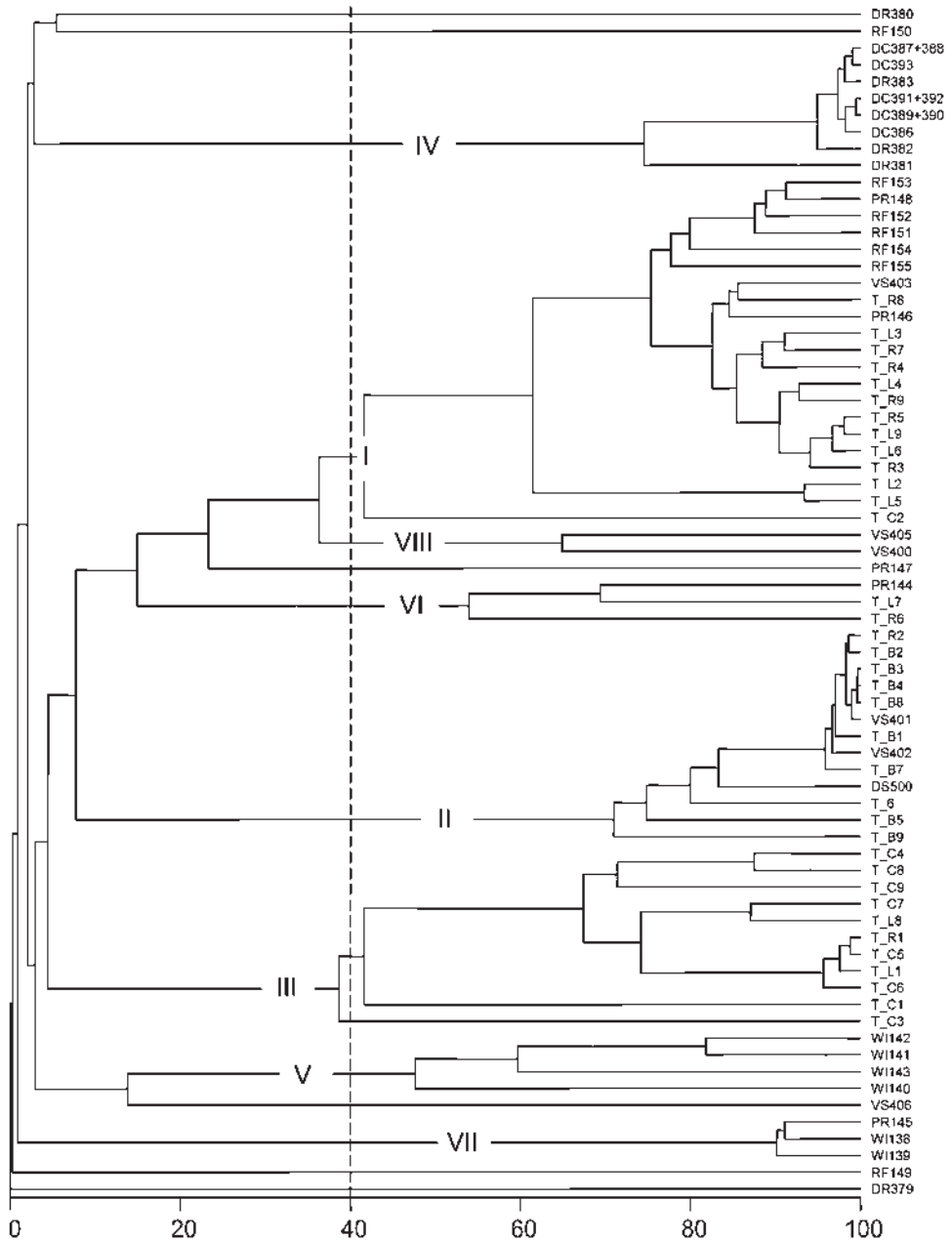


Рис. 2-1. Дендрограмма сходства проб, собранных в системе охлаждения ВТЭЦ-2 (метод групповой средней, ось ординат – коэффициент Брея-Кертиса): старый водозабор – WI; пирс – PR; каменная насыпь – RF; вертикальные решетки грубой очистки – VS; вращающаяся решетка – DS; свод, днище, правая и левая стенки тоннеля – T_C, T_B, T_R и T_L соответственно; сбросной канал – WD; р. Объяснения – DR. Римскими цифрами обозначены выделенные кластеры (пояснения в тексте)

Таблица 2-1

Некоторые общие количественные характеристики выделяемых сообществ (см. рис. 2) и обрастания отдельных ГТ

Сообщество (проба), виды-доминанты, ГТС	Number of species	S \pm SE	H' (total)	H' \pm SE	E (total)	e \pm SE	A \pm SE, spec./m ²	B \pm SE, g/m ²
I: <i>Balanus rostratus</i>	65	13,7 \pm 0,9	1,256	0,696 \pm 0,082	0,301	0,275 \pm 0,035	7405 \pm 1271	7375 \pm 1901
II: <i>Mytilus trossulus</i>	51	11,7 \pm 1,9	0,190	0,295 \pm 0,088	0,048	0,129 \pm 0,037	10468 \pm 2769	7673 \pm 2354
III: <i>Jassa marmorata</i>	18	4,0 \pm 1,0	1,494	0,620 \pm 0,126	0,517	0,461 \pm 0,073	2809 \pm 1648	19 \pm 8
IV: <i>Crassostrea gigas</i> + <i>Balanus rostratus</i>	23	8,9 \pm 0,7	0,221	0,307 \pm 0,103	0,070	0,138 \pm 0,042	4975 \pm 2882	33973 \pm 7949
V: <i>Modiolus modiolus</i> + <i>Pachycheles stevensii</i>	31	18,8 \pm 0,3	1,622	1,443 \pm 0,167	0,472	0,493 \pm 0,058	4672 \pm 1356	52245 \pm 6732
VI: <i>Hydroides ezoensis</i>	8	4,3 \pm 0,3	0,451	0,359 \pm 0,045	0,217	0,246 \pm 0,031	1174 \pm 409	274 \pm 25
VII: <i>Amphibalanus improvisus</i>	13	6,3 \pm 2,6	1,014	0,775 \pm 0,108	0,396	0,555 \pm 0,131	1890 \pm 419	234 \pm 90
VIII: <i>Balanus rostratus</i> + <i>Crassostrea gigas</i>	16	11,0 \pm 0,5	1,302	1,319 \pm 0,125	0,470	0,556 \pm 0,063	5500 \pm 900	15361 \pm 6981
IX: <i>Actinia senile</i> + <i>Styela clava</i>	9	–	1,422	–	0,647	–	1200	7280
X: <i>Bougainvillia ramosa</i> + <i>Jassa marmorata</i>	9	–	0,692	–	0,315	–	3800	3095
XI: <i>Chthamalus dalli</i>	3	–	0,077	–	0,071	–	14500	375
XII: <i>Enteromorpha clathrata</i>	1	–	0,000	–	–	–	–	2470
XIII: <i>Ulva fenestrata</i> + <i>Neodexiospira abveolata</i>	11	–	0,580	–	0,242	–	5200	4080
XIV: <i>Chondrus armatus</i> + <i>Epheria turrita</i>	9	–	1,144	–	0,521	–	2200	1914
Насыпь	35	14,2 \pm 2,4	1,140	1,005 \pm 0,092	0,321	0,393 \pm 0,039	4050 \pm 512	14186 \pm 3598
Пирс	23	8,4 \pm 2,0	1,203	0,806 \pm 0,249	0,384	0,363 \pm 0,099	4149 \pm 2608	5667 \pm 2534
Водозабор	32	12,9 \pm 3,3	1,626	1,046 \pm 0,197	0,469	0,469 \pm 0,083	3195 \pm 1017	29891 \pm 11135
Решетка	37	10,2 \pm 1,1	–	0,973 \pm 0,134	–	0,427 \pm 0,056	7533 \pm 2482	9344 \pm 3136
Сетка	4	–	0,954	–	0,593	–	38400	4170
Тоннель 1/2	58/62	11,8 \pm 1,1	1,682	0,983 \pm 0,036	0,505	0,473 \pm 0,028	6972 \pm 1175	2788 \pm 952
Канал	20	9,8 \pm 0,9	0,185	0,787 \pm 0,013	0,067	0,349 \pm 0,014	6680 \pm 1152	47719 \pm 6730
р. Объяснения	18	8,0 \pm 1,9	0,774	0,797 \pm 0,214	0,268	0,438 \pm 0,037	2150 \pm 310	7514 \pm 3226
Система водоснабжения	94	11,8 \pm 0,8	2,176	0,988 \pm 0,037	0,479	0,457 \pm 0,022	6668 \pm 960	8054 \pm 1819
Система водоотведения	27	8,9 \pm 1,0	0,115	0,790 \pm 0,101	0,378	0,390 \pm 0,023	4667 \pm 1009	27617 \pm 7568

Примечания: S – среднее число видов в пробе; H' и e – индексы Шеннона–Винера и Пилеу соответственно; A – плотность поселения; B – биомасса; SE – ошибка репрезентативности.

- VII – группа (3; 90,5 и 90,0), включающая 2 пробы, собранные в водозаборе (0–1 м), и 1 – на пирсе (0,5 м);
 VIII – группа (2; 64,9), представленная пробами с решетки;
 IX–XIV – не расклассифицированные пробы (<25 %): пирс (2 м), решетка, дамба (0 и 0,5 м) и р. Объяснения (0 и 0,3 м).

По значениям биомассы, встречаемости и индексов $\sqrt{F \times A}$, $\sqrt{F \times B}$ и $\sqrt{A \times B}$ абсолютным доминантом в I группе проб является *B. rostratus* (100 %-ная встречаемость), численность которого достигает 42, а биомасса 64 % от общих величин этих параметров (прил. 1, табл. 2). Субдоминантный вид по биомассе и ее производным индексам – *M. trossulus* (20 и 11 % от общих биомассы и численности, 60 %-ная встречаемость), а по плотности поселения и индексу $\sqrt{F \times A}$ – *J. marmorata* (15 и <1 % от общих численности и биомассы, встречаемость – 80 %). Часто встречаются (более чем в 50 % проб) полихеты *H. ezoensis*, *Potamilla* sp., двустворчатый моллюск *Hiatella arctica*, мшанка *Bugula pacifica*, амфипода *Caprella neglecta*, однако их количественные характеристики невелики. Таким образом, все эти пробы могут быть отнесены к сообществу* *B. rostratus*.

Среди других группировок это сообщество наиболее богато видами (65), занимает второе место по общей численности и пятое – по биомассе (табл. 2-1). В то же время оно характеризуется средним уровнем видового разнообразия по числу видов в пробе, индексу Шеннона–Винера и средней выравненностью распределения видов по рангам. Распределение всех без исключения одиночных животных носит статистически значимый ($p < 0,05$) агрегированный характер. С общей биомассой статистически значимо коррелируют биомассы 16 видов. Однако лишь в 6 случаях коэффициенты корреляции $r > 0,7$ – у *B. rostratus*, морских звезд *Asterias amurensis* и *Patiria pectinifera*, улитки *Epheria turrita*, морского ежа *Strongilocentrotus nudus* и офиуры *Amphiodia fissa* (прил. 1, табл. 4).

Доминирующий вид в сообществе II – *M. trossulus* (встречаемость 100 %, вклад в общую численность – 68, а в общую биомассу – 98 %). Часто встречаются все те же полихеты *H. ezoensis* и амфиподы *J. marmorata*, а также гидроид *Obelia longissima* (прил. 1, табл. 2). Но их вклад в общую биомассу не превышает 1 %, а в общей численности доля *J. marmorata* составляет лишь 12 %. Всего в сообществе отмечен 51 вид бентоса, при этом в среднем в пробе число видов заметно меньше, чем в группировке *B. rostratus*, а выравненность минимальна среди выделяемых сообществ (табл. 2-1). Эта ассоциация занимает первое место по общей численности организмов (10468 ± 2769 экз./м²) и четвертое по биомассе (табл. 2-1). Как и в первой группировке, распределение всех без исключения одиночных животных носит статистически значимый агрегированный характер, однако с общей биомассой статистически значимо коррелируют биомассы лишь 3 видов бентоса – самого *M. trossulus*, голотурии *Amphiodia fissa* и двустворчатого моллюска *Mya* sp. (прил. 1, табл. 2). Следует подчеркнуть, что в ряде биотопов, например на решетках грубой очистки, можно различить сообщества *M. trossulus* разного возраста. В ассоциации сеголетних мидий другие обрастатели крайне малочисленны, тогда

* Термины «сообщество», «ассоциация», «группировка» используются здесь как синонимы, без какой-либо дополнительной смысловой нагрузки.

как в группировке двухлеток некоторые животные, такие как гидроиды *Bougainvillia ramosa* и *Obelia longissima*, играют более заметную роль.

Вид-доминант сообщества III – *J. marmorata* (встречаемость 100 %, доля в общей численности – 75, в биомассе – 51 %). Только еще 1 вид – *O. longissima* – обнаружен более чем в 50 % проб (доля в общей биомассе 11,5 %). Другие заметные животные – морские козочки (встречаемость 46 %), среди которых выделяется *Caprella cristibrachium* (11 и 22 % от общих численности и биомассы). Всего в группировке найдено 18 видов животных. На фоне средней среды выделяемых сообществ общей численности биомасса этой ассоциации минимальна (19 ± 8 г/м²), как и среднее число видов в пробе (4 ± 1), хотя выравненность – одна из самых высоких (табл. 2-1). Как и в группировках I и II, распределение всех без исключения одиночных животных носит статистически значимый агрегированный характер. Однако только у 5 видов биомассы не были значимо связаны с общей биомассой, тогда как у большинства остальных коэффициент корреляции этих параметров $r > 0,9$ (прил. 1, табл. 2).

Четвертая группа проб – это сообщество *Crassostrea gigas* + *Balanus rostratus*. Оба этих вида найдены в 100 % проб. Первый из них доминирует по биомассе (89 и 17 % от биомассы и численности) и ее производным индексам, а второй – по плотности поселения (6 и 46 %) и индексу $\sqrt{F \times A}$ (прил. 1, табл. 2). Такой же встречаемостью характеризуются краб *Hemigrapsus sanguineus* и полихета *H. ezoensis*, хотя другие количественные характеристики этих видов, как и остальных, невелики. Всего в сообществе отмечено 23 вида растений и животных при низких выравненности распределений видов по рангам и значениях индекса Шеннона–Винера (табл. 2-1). При довольно высокой численности, по биомассе это сообщество занимает второе место. Все виды животных размещались на субстрате агрегированно, а статистически значимая связь биомасс обнаружена лишь у самой *C. gigas* и *H. sanguineus*.

Абсолютным доминантом по биомассе и ее производным индексам в сообществе V является *M. modiolus* (доля в общей биомассе 45, в численности – 9 %), а по численности и индексу $\sqrt{F \times A}$ – креветка *Pachycheles stevensii* (около 1 и 29 %). Среди других видов со 100 %-ной встречаемостью особо следует отметить *Crenomytilus grayanus*, который, занимая 2-е место по биомассе (28 %), опережает своего ближайшего «преследователя» – морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* – почти на порядок. Несмотря на то что к этой группировке были отнесены всего 4 пробы, общее число найденных видов довольно велико (31). Это наиболее разнообразное сообщество – среди выделяемых группировок среднее число видов в пробе здесь достигает своего максимума (19), как и индекс Шеннона–Винера ($1,622$ и $1,443 \pm 0,16$), что наблюдается на фоне относительно равномерного распределения видов по рангам (табл. 2-1). Максимальна и общая биомасса – $52,2 \pm 6,7$ кг/м². Распределение морских звезд *A. amurensis*, *P. pectinifera*, *Distolasterias nipon*, ежей *Strongylocentrotus nudus* и *S. intermedius* не противоречит случайному, тогда как остальные животные размещаются на субстрате агрегированно. Степень связи биомасс отдельных видов с общей биомассой высока в целом ряде случаев (коэффициент корреляции $r > 0,7$), однако более чем в половине из них – это отрицательная зависимость (прил. 1, табл. 2).

В VI группе видом-доминантом является *A. improvisus* (36 и 55 % от общей численности и биомассы). Среди субдоминантных видов следует отметить *B. rostratus* (9 и 36 %), *J. marmorata* и *M. trossulus* (15 и 13 % от численности, <1 % биомассы). Всего обнаружено 13 видов, распределение – агрегированное, общие биомасса и численность близки к таковым сообществ VI (табл. 2-1). Группировка характеризуется средними значениями индексов Шеннона–Винера и Пиелу. Статистически значимая положительная связь с общей биомассой отмечена у биомасс 7 животных, включая доминирующий вид (прил. 1, табл. 2).

В сообществе VII абсолютный доминант по биомассе – это *H. ezoensis* (90 %). Другой вид со 100 %-ной встречаемостью – еще одна полихета *Neodexiospira alveolata* – доминант по численности (49 %). В то же время подсчитать плотность поселения у *H. ezoensis* – мелкой трубчатой полихеты – было невозможно, но учитывая размеры этого червя, его доминирование и по этому показателю не вызывает сомнения. Среди других видов довольно высокая плотность поселения была отмечена у *J. marmorata* и *B. rostratus*, но их биомасса, как и у *N. alveolata*, была в десятки раз ниже, чем у вида-доминанта. Всего в пробах найдено 8 видов, разнообразие, как и выравненность, не высоки, распределение всех животных агрегированное, общие биомасса и численность одни из самых низких среди выделяемых группировок (табл. 2-1). Статистически значимая и положительная корреляция биомасс отмечена только у вида-доминанта, отрицательная – у *N. alveolata* и *E. turrita* (прил. 1, табл. 2).

Наконец, в VIII группе, как и в IV, доминируют *B. rostratus* (доля в общей биомассе 41,6, в численности – 20,9 %) и *C. gigas* (35,2 и 30,9%) (прил. 1, табл. 2). Весьма заметны *M. difficilis* (16,3 и 12,7 %) и еще один двустворчатый моллюск *Arca boucardi* (2,4 и 15,5 %). Всего обнаружено 16 видов, распределение – агрегированное, общая биомасса близка к таковой сообществ IV и V, а по численности это сообщество занимает 3-е место (табл. 2-1). Группировка характеризуется высокими значениями индексов Шеннона–Винера и Пиелу.

Нерасклассифицированные пробы, по-видимому, взяты из разных ассоциаций, о чем свидетельствует их низкий уровень сходства как между собой, так и с другими группами проб. В соответствие с видами-доминантами это сообщества актиний и асцидий *Metridium senile* + *Styela clava*, гидроида и амфиподы *Bougainvillia ramosa* + *Jassa marmorata*, усоногого рака *Chthamalus dalli*, зеленой водоросли *Enteromorpha clathrata*, а также сообщества большей сложности – зеленой водоросли и полихеты *Ulva fenestrata* + *Neodexiospira alveolata*, багрянки и улитки *Chondrus armatus* + *Epheria turrita*. Число обнаруженных видов в этих сообществах варьирует от 1 до 11, биомасса – от 0,4 до 7,3 кг/м², общая численность – в пределах 1200–14500 экз./м² (табл. 2-1). Количественные характеристики отдельных видов, найденных в этих пробах, представлены в прил. 1, табл. 3.

Общие характеристики обилия и разнообразия макрообрастателей в пробах – биомасса, плотность поселения, индексы Шеннона–Винера и Пиелу – часто статистически значимо ($r < 0,5$) коррелируют между собой (прил. 1, табл. 4). Наиболее сильно они связаны в сообществе *J. marmorata*, а также в сообществах *A. improvisus* и *H. ezoensis*, но в двух последних случаях коэффициенты корреляции обычно статистически незначимы ($r > 0,5$), что, вероятно, в большей степени обу-

словлено малым числом проб. У биомассы, плотности поселения и индекса Шеннона–Винера эти связи обычно положительны, а у индекса Пиелу – отрицательны со всеми остальными параметрами. Иными словами, чем больше биомасса и плотность поселения в сообществе, тем более оно разнообразно, и чем выше обилие организмов в сообществе, тем выравненность рангового распределения видов выражена слабее. Следует подчеркнуть, что лишь изредка зависимости общих параметров можно было аппроксимировать другими, нелинейным функциям для увеличения доли объясняемой дисперсии (исключительно экспоненциальными и логарифмическими разного знака; данные не приводятся). Однако, с одной стороны, выборки в большинстве случаев были весьма невелики по объему, что не дает возможность корректной оценки коэффициентов. С другой – нелинейное моделирование не входило в задачи данной работы, хотя, вероятно, будет выполнено в дальнейшем.

Число видов-обрастателей по ГТС распределено неравномерно (рис. 2-2). Максимальное их количество найдено в сообществах обрастания наиболее «гидродинамически активных» объектов с обычной температурой воды – тоннелей 1 и 2 (58 и 62 вида соответственно), где скорость потока может достигать 2 м/с. На решетке грубой очистки отмечено 37, в обрастании дамбы в ковше – 35, старого водозабора – 32 вида. Здесь скорость течения составляет 0,1–0,3 м/с. Из ряда этих объектов, расположенных до прохождения водой системы охлаждения станции и имеющих относительно большое число видов, несколько выпадает обрастание пирса (23 вида). По мере удаления в сторону бух. Золотой Рог – в сбросном канале и р. Объяснения, где скорость течения сопоставима с таковой в водозаборных тоннелях, а температура воды на 5–6°C выше, – число видов снижается в 2–3 раза. Всего до прохождения водой системы охлаждения найдено 94 вида макрообрастателей, после нее – 27, общих видов – 21. Шесть видов – *A. flabelliformis*, *A. amphitrite*, *C. japonica*, *E. clathrata*, *Jassa falcata*, *Trapesium liratium* – найдены только в канале и р. Объяснения.

Специфичность разных участков системы охлаждения проявляется и в сходстве их видового состава (рис. 2-3). При анализе качественных видовых списков на дендрограмме отчетливо выделяются 3 кластера: кластер I на уровне сходства 77% объединил оба тоннеля, второй включает объекты, расположенных после прохождения водой системы охлаждения станции – это сбросной канал и р. Объяснения (около 40 %), третий – ГТС и каменную наброску в водозаборном ковше (около 50 %).

Заметные изменения после системы охлаждения, по сравнению с системой водозабора, наблюдались во всех общих количественных характеристиках – плотности поселения, среднем числе видов в пробе, индексах Шеннона–Винера и Пиелу (уменьшение) и биомассе (увеличение) (табл. 2-1). Однако статистически значимым (тест Манна–Уитни, $p < 0,05$) оказался лишь рост биомассы несмотря на довольно значительный объем выборки.

В обрастании **дамбы** обнаружено 4 вида водорослей и 31 вид животных. В составе фауны обрастания доминируют иглокожие (8 видов), далее следуют полихеты и двустворчатые моллюски (по 4 вида). Десятиногих и равноногих раков встречено по 3 вида, брюхоногих моллюсков и асцидий – по 1 виду.

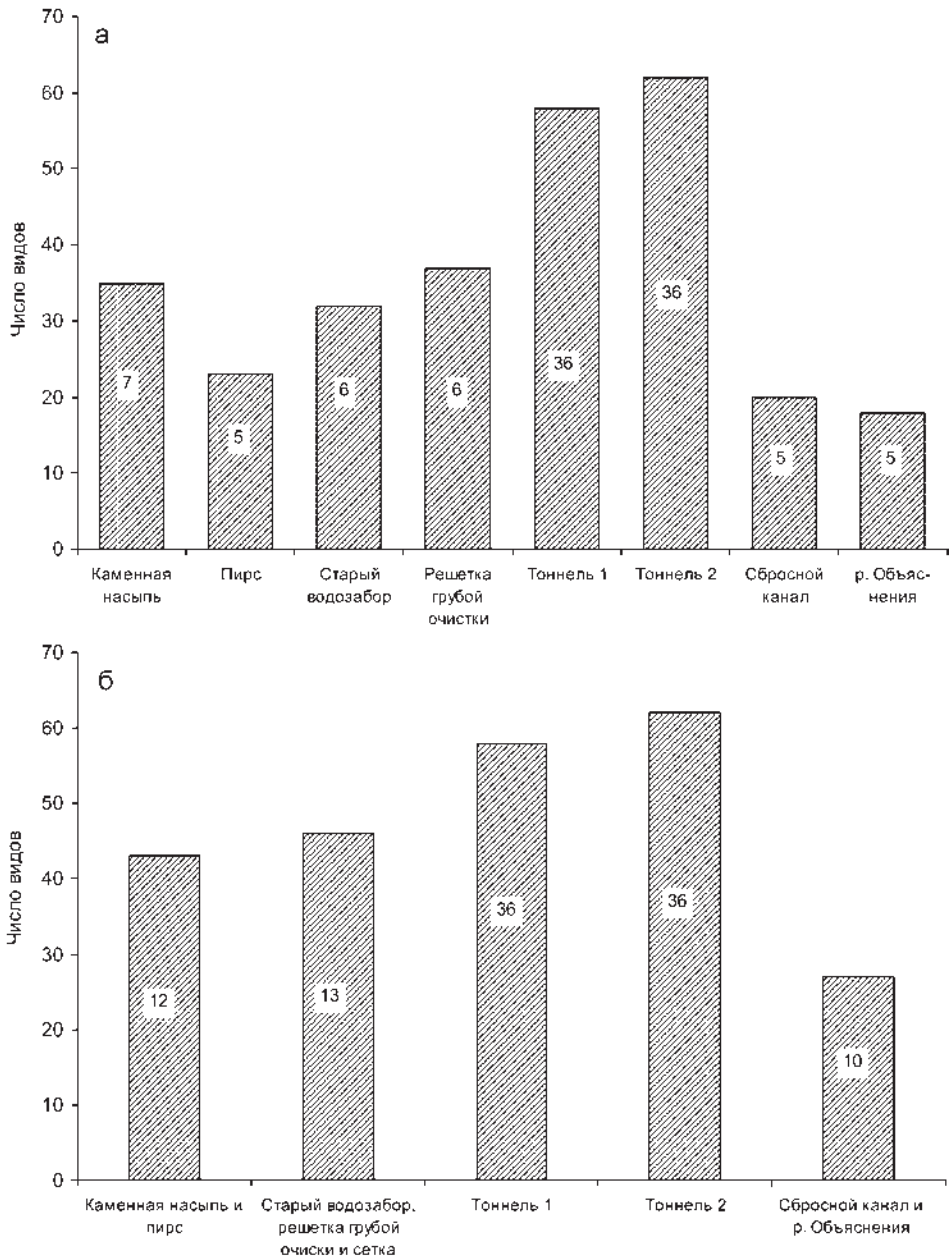


Рис. 2-2. Распределение числа видов-обрастателей по объектам системы охлаждения ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: названия объектов, по оси ординат: число видов, цифры в столбцах – число проб

На урезе воды обнаружено монодоминантное сообщество литоральных усонюгих раков *Ch. dalli* (0,4 кг/м²), в котором единично отмечены разноногие раки и

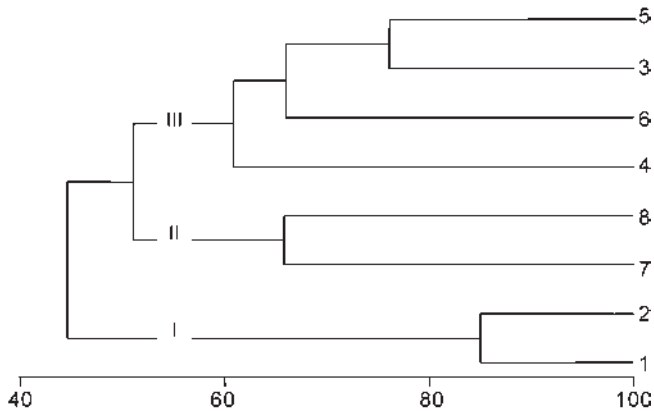


Рис. 2-3. Дендрограмма сходства качественного состава обрастания объектов системы охлаждения ВТЭЦ-2. Условные обозначения объектов: 1 – тоннель № 1, 2 – тоннель № 2, 3 – старый водозабор, 4 – пирс, 5 – каменная наброска, 6 – решетка грубой очистки, 7 – сбросной канал на территории ВТЭЦ-2, 8 – р. Объяснения. Римскими цифрами обозначены выделенные кластеры (пояснения в тексте). По шкале – уровень сходства, %

молодь гигантской устрицы (рис. 2-4). На горизонте 0,5 м располагалось сообщество зеленых водорослей *U. fenestrata* (3,5 кг/м²), биомасса еще двух видов водорослей и животных незначительна. Средние величины количественных характеристик обрастания представлены в табл. 2-1.

Для диапазона глубин 1–5 м характерно монодоминантное сообщество баланусов *B. rostratus*, биомасса которых колеблется в пределах 3,8–18,0 кг/м². К характерным видам сообщества отнесены некоторые иглокожие и асцидии. Наибольшая общая плотность приурочена к сообществу *Ch. dalli*, а максимальные биомасса и видовое разнообразие – к горизонтам 2–4 м в сообществе *B. rostratus* (рис. 2-4).

В обрастании **пирса** зарегистрировано 3 вида водорослей, 5 видов иглокожих, 3 вида многощетинковых червей и столько же асцидий. Остальные группы обрастателей представлены 1–2 видами.

На урезе воды обнаружено лишь несколько особей баланусов *A. improvisus* и многощетинковых червей *Neodexiospira alveolata* (12 и 4 г/м² соответственно). На глубине 0,5 м в обрастании доминируют многощетинковые черви *H. ezoensis* (140 г/м²), биомасса баланусов *A. improvisus* остается прежней. На метровой отметке отмечено массовое развитие крупных усоногих раков *B. rostratus* (11,5 кг/м²). Характерный вид сообщества – актиния *M. senile* (1,7 кг/м²), второстепенные виды – гидроиды *B. ramosa*, морские звезды *Asterias amurensis* и три вида водорослей. На глубине 2 м биомасса *B. rostratus* уменьшается на порядок, доминирующий вид сообщества – актиния *M. senile* (2,8 кг/м²; сообщество *M. senile* + *S. clava*). Для этой глубины характерно массовое развитие морских звезд и асцидий (рис. 2-5). На глубине 3 м вновь доминируют *B. rostratus* (4,9 кг/м²), исчезают метридиумы. Второстепенные виды – гидроиды, морские звезды и асцидии. Для обрастания пирса характерно полное отсутствие двустворчатых моллюсков.

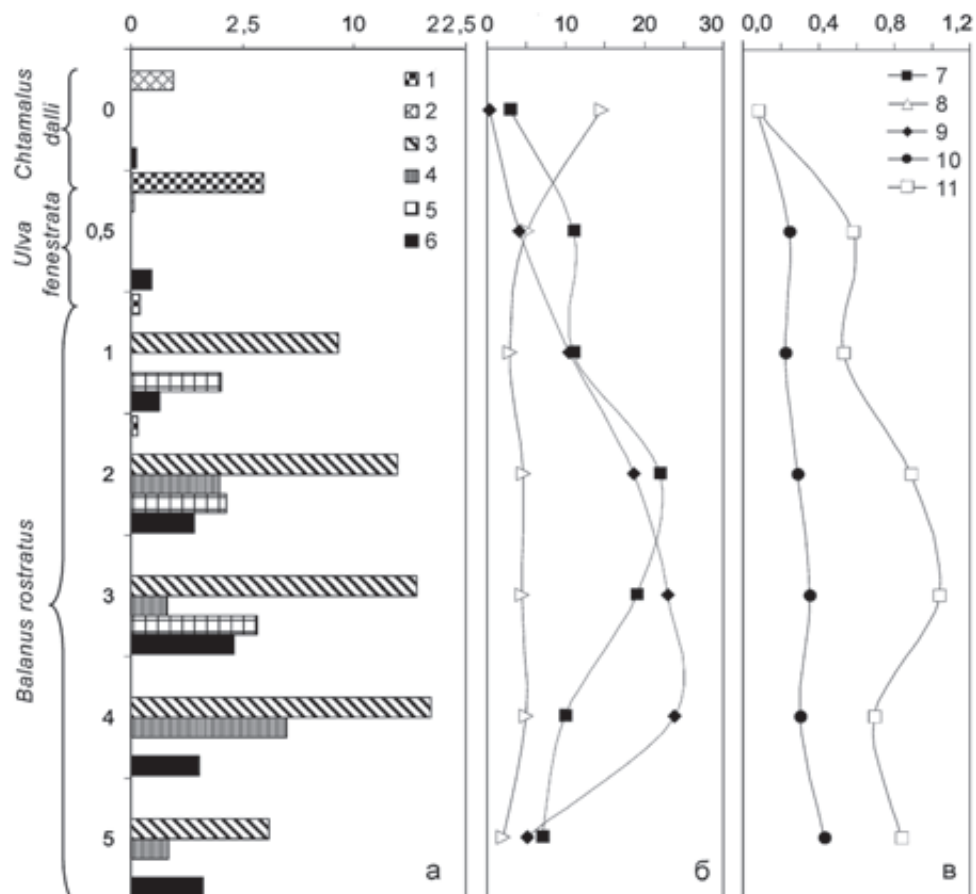


Рис. 2-4. Структура сообществ и группировок обрастания каменной насыпи в водозаборном ковше ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: биомасса, кг/м² (а, б), плотность, тыс. экз./м², и число видов (б), величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (в); по оси ординат: глубина, м; 1 – *Ulva fenestrata*, 2 – *Chthamalus dalli*, 3 – *Balanus rostratus*, 4 – *Strongylocentrotus nudus*, 5 – *Styela clava*, 6 – прочие, 7 – число видов, 8, 9 – общая плотность и биомасса, 10, 11 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу

Наибольшее число видов обнаружено на глубине 1 м, наибольшая общая биомасса – на глубине 2 и 3 м, плотность – на глубине 3 м (рис. 2-5). Разнообразие и выравненность распределения видов по рангам (индексы Шеннона–Винера и Пиелу) имеют два максимума – в сообществе *A. improvisus* и на глубине 2 м в сообществе *M. senile* + *S. clava*.

В составе сообществ обрастания *старого водозабора* найдено 4 вида водорослей и 29 видов животных, в основном двустворчатых моллюсков и иглокожих (по 6 видов), а также полихет (4 вида). Остальные группы (губки, сипункулиды, усонogie и разноногие раки, брюхоногие моллюски, мшанки, асцидии) представлены 1–2 видами.

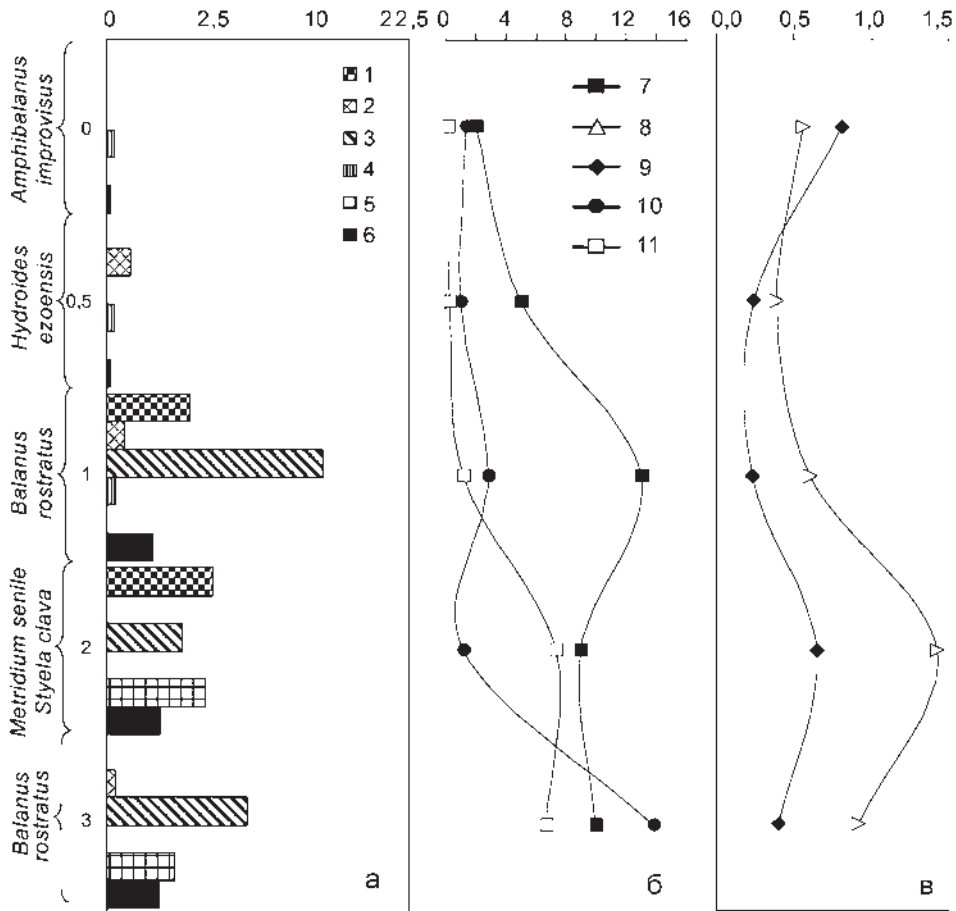


Рис. 2-5. Структура сообществ и группировок обрастания пирса в водозаборном ковше ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: биомасса, кг/м² (а, б), плотность, тыс. экз./м², и число видов (б), величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (в); по оси ординат: глубина, м; 1 – *Metridium senile*, 2 – *Hydroides ezoensis*, 3 – *Balanus rostratus*, 4 – *Amphibalanus improvisus*, 5 – *Styela clava*, 6 – прочие, 7 – число видов, 8, 9 – общая плотность и биомасса, 10, 11 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу

На глубинах 0–1 м обрастание представлено монодоминантным сообществом многощетинковых червей *H. ezoensis* с биомассой соответственно 80 и 140 г/м² (рис. 2-б). На этих горизонтах этот вид полихет встречается вдоль всей бетонной стенки с локальными увеличениями биомассы до 0,6 кг/м². В диапазоне глубин 2–5 м зарегистрирована многолетняя ассоциация двустворчатых моллюсков с попеременным доминированием *C. grayanus*, *M. modiolus*, *A. boucardi* (при учете других количественных характеристик – сообщество *M. modiolus* + *P. stevensii*). Максимальная биомасса (более 20 кг/м²) зарегистрирована для мидии Грея и модиолуса на глубинах 3–5 м. Характерные виды сообщества – гигантская устрица *C. gigas*, сипункулиды *Phascolosoma japonica*, усоногие раки *B. rostratus*.

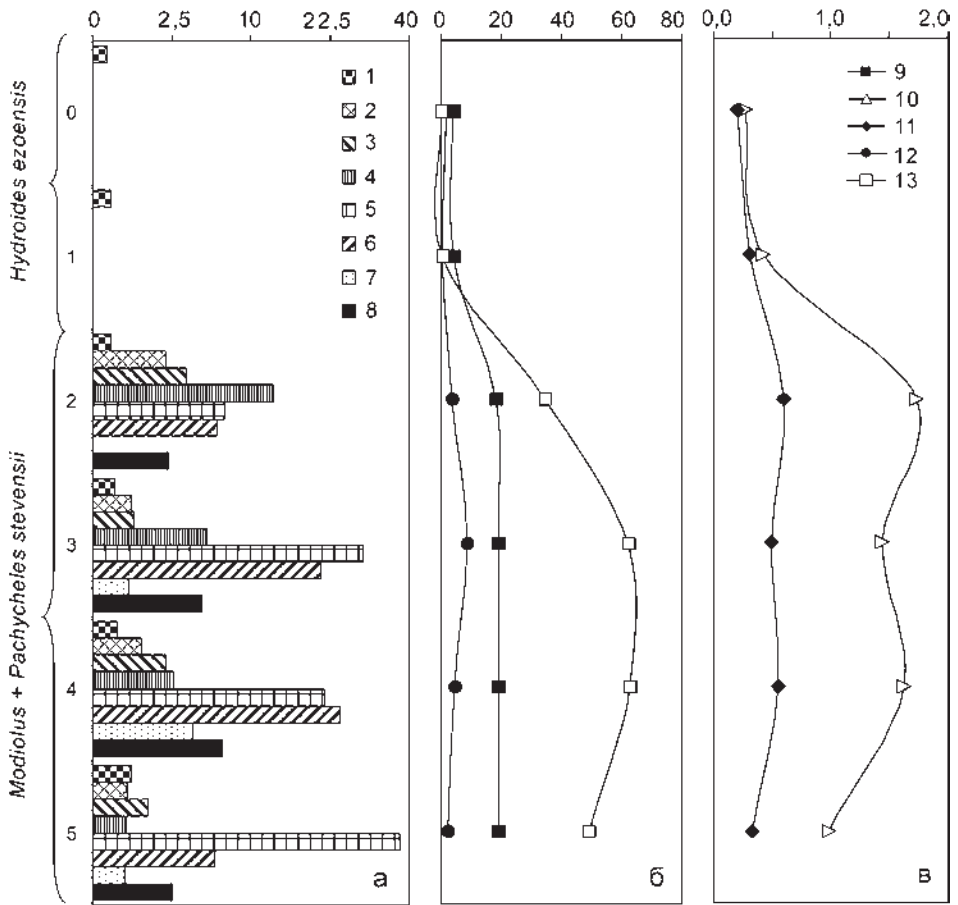


Рис. 2-6. Структура сообществ и группировок обрастания старого водозабора ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: биомасса, кг/м² (а, б), плотность, тыс. экз./м², и число видов (б), величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (в); по оси ординат: глубина, м; 1 – *Hydroides ezoensis*, 2 – *Phascolosoma japonica*, 3 – *Balanus rostratus*, 4 – *Arca boucardi*, 5 – *Modiolus difficilis*, 6 – *Crenomytilus grayanus*, 7 – *Crassostrea gigas*, 8 – прочие, 9 – число видов, 9, 10 – общая плотность и биомасса, 11, 12 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу

Общие плотность и биомасса, а также характеристики многообразия минимальны в сообществе *H. ezoensis* и достигают максимальных значений в сообществе *M. modiolus* + *P. stevensii* (рис. 2-6).

В обрастании **решетки грубой очистки** зарегистрировано 27 видов животных. Из них максимальное число видов (6) дают двустворчатые моллюски, далее следуют многощетинковые черви (4 вида). Кишечнополостных, разноногих раков и брюхоногих моллюсков встречено по 3 вида, остальные группы обрастателей представлены 1–2 видами. На решетке четко видны фазы сукцессии сообществ обрастания, структура которых показана на рис. 2-7. Более подробную информа-

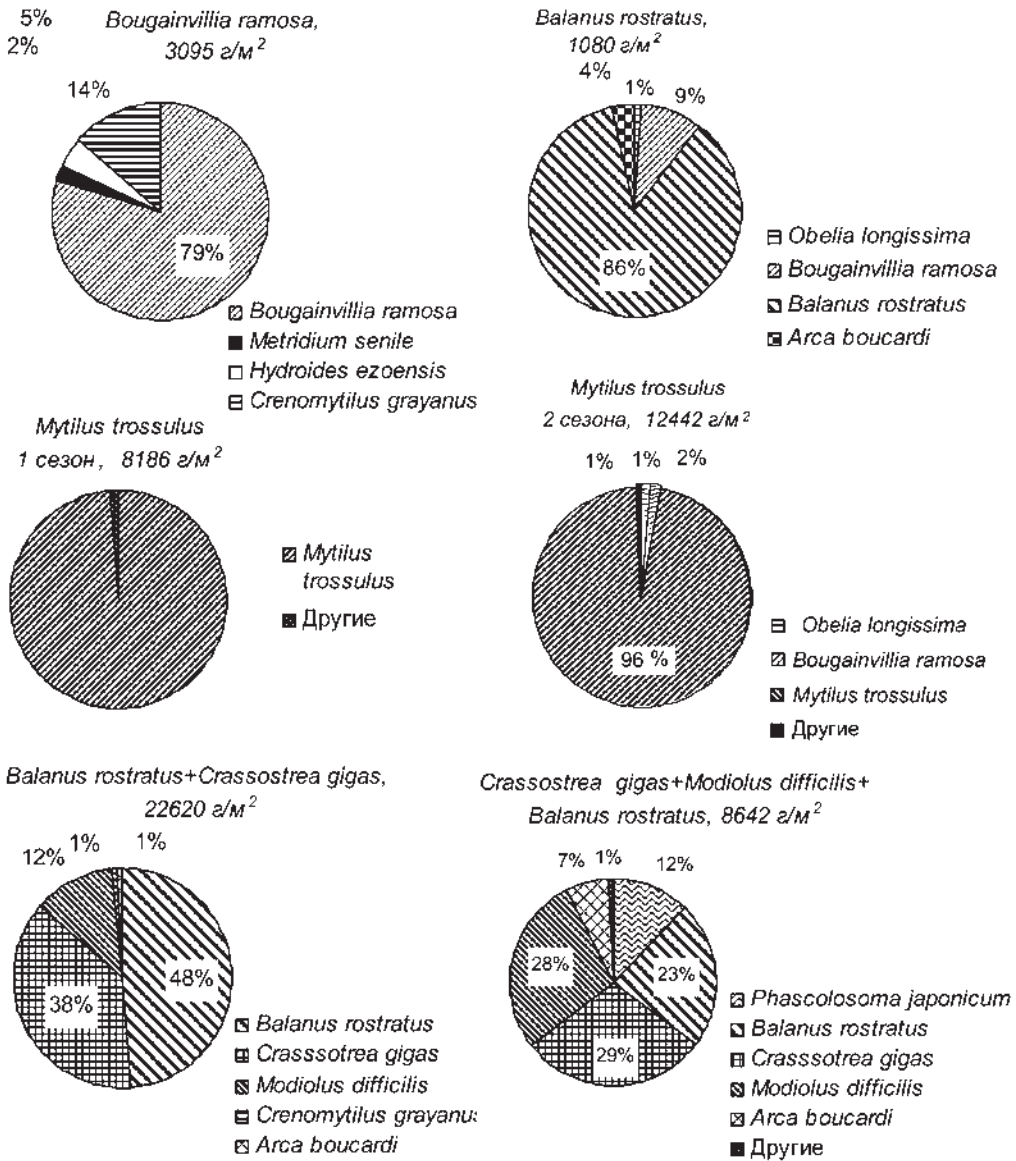


Рис. 2-7. Структура сообществ обрастания решеток грубой очистки

цию о многолетней сукцессии сообществ обрастания ГТС, в частности решетки грубой очистки водозабора ВТЭЦ-2, см. в разделе 3.4.

Обрастание **вращающейся защитной сетки** представляет собой монодоминантное сообщество тихоокеанской мидии *M. trossulus*, принципиально не отличающееся от аналогичного сообщества мидии одного сезона на решетке грубой очистки. Сообщество включает в себя 4 вида: доминирующий вид, 2 вида ги-

дроидов *O. longissima* и *B. ramosa*, а также многощетинковых червей *Halosydna brevisetosa*, при общей биомассе 4,2 кг/м². Интересно, что обрастание мидиями имеется только на центральной сетке, которая постоянно находится в эксплуатации, причем их средний размер гораздо меньше, чем у мидий такого же возраста на решетке грубой очистки. На других трех сетках, расположенных дальше поворота и периодически надолго обсыхающих, обрастания почти нет.

В обрастании **сбросного канала** обнаружено 20 видов животных, из них 10 видов двустворчатых моллюсков. Усоногие раки представлены 3 видами, остальные группы животных – 1–2 видами. Обрастание стенок и дна канала представлено многолетним сообществом устриц *S. gigas*, биомасса которых колеблется в пределах 25–62 кг/м² (рис. 2-8). Устрицы в основном крупные, есть живые, много мертвых. В массе обнаружены крабы *H. sanguineus* средних размеров с биомассой около 1 кг/м². Второстепенные виды сообщества устриц – баланусы *B. rostratus* (0,6–1,0 кг/м²). Общая плотность и число видов распределено по исследованным биотопам довольно равномерно (рис. 2-8). Общая биомасса минимальна на глубине 0,3 м на правой и левой стенках канала и увеличивается на глубине 0,6 м (особенно на правой стенке) и его дне. Вместе с тем, наиболее разнообразной является ассоциация животных на правой стенке на глубине 0,3 м (максимальные значения индексов Шеннона–Винера и Пиелу).

В обрастании берегов и дна **р. Объяснения** найдено 5 видов водорослей и 13 видов животных. Распределение числа видов животных по группам достаточно равномерно, 9 групп животных представлены 1–2 видами каждая. Обрастание на урезе воды состоит из одного вида зеленой водоросли *E. clathrata* с относительно высокой биомассой (2,5 кг/м²). На глубине 0,3 м отмечено сообщество красных водорослей *S. armatus* (1,2 кг/м²) и улитки *E. turrita*, биомасса остальных видов животных и водорослей на один-два порядка ниже (рис. 2-9). Характерные виды сообщества – красные водоросли *Ahnfeltiopsis flabelliformis* и прибрежные крабы *H. sanguineus*. Водоросли *S. armatus* и *A. flabelliformis* встречаются в обрастании каменной наброски до глубины 0,8 м, где начинается песчаный грунт. На глубинах 0,5, 0,7 и 0,8 м отмечено сообщество гигантской устрицы *S. gigas* + *B. rostratus*, максимальное значение биомассы моллюсков (15,6 кг/м²) зарегистрировано на глубине 0,7 м. Характерными видами сообщества остаются красные водоросли и прибрежные крабы. Из второстепенных видов наиболее показательны зеленые водоросли *Bryopsis plumosa*, актинии *M. senile* и полихеты *H. ezoensis*. Наибольшего разнообразия обрастание достигает на глубине 0,3–0,5 м, наибольшей биомассы – на 0,7–0,8 м (рис. 2).

Визуальный осмотр **тоннелей** показал, что отдельные друзы тихоокеанской мидии *M. trossulus* появляются в их верхней трети в укрытиях на днище. В середине тоннелей количество друз увеличивается, а в нижней трети начинается сплошное поселение мидий на днище и в меньшей степени на боковых стенках. На большей части стенок тоннелей в больших количествах отмечены усоногие раки *B. rostratus*, представляющие идеальный субстрат для крепления домиков разноногих раков *J. marmorata* и служащие укрытием для других подвижных форм бентоса. Как было отмечено, в наиболее детально исследованном тоннеле 2 (далее – тоннель) было обнаружено 62 вида животных, из них на своде 18, на стенках 41 (30 на левой и 40 на правой) и 42 на днище. При этом биомасса обрастания дости-

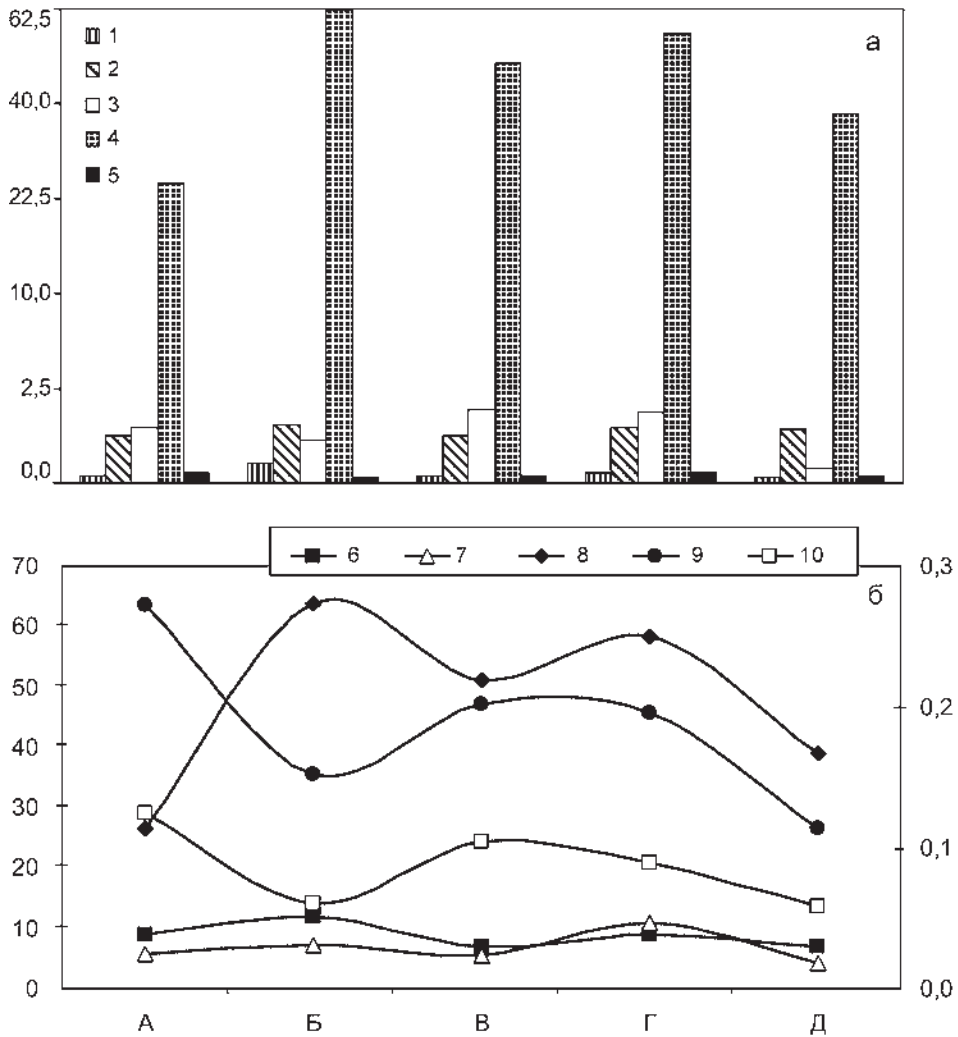


Рис. 2-8. Структура сообществ и группировок обрастания сбросного канала на территории ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: места отбора проб: А – правая стенка, 0,3 м; Б – правая стенка, 0,6 м; В – дно канала, 1 м; Г – левая стенка, 0,6 м; Д – левая стенка, 0,3 м. По оси ординат: биомасса, кг/м² (а, б – основная ось), плотность, тыс. экз./м², и число видов (б – основная ось), величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (б – дополнительная ось); 1 – *Hydroides ezoensis*, 2 – *Balanus rostratus*, 3 – *Hemigrapsus sanguineus*, 4 – *Crassostrea gigas*, 5 – прочие, 6 – число видов, 7 и 8 – общая плотность и биомасса, 9 и 10 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу

гает в среднем $2,8 \pm 1,0$ кг/м², сильно варьируя в разных частях тоннеля (пределы изменения 0,002–28,0 кг/м²).

В сообществе тоннеля в целом по биомассе и индексу $\sqrt{F \times B}$ абсолютно доминирует двустворчатый моллюск *M. trossulus*, по встречаемости – строящая до-

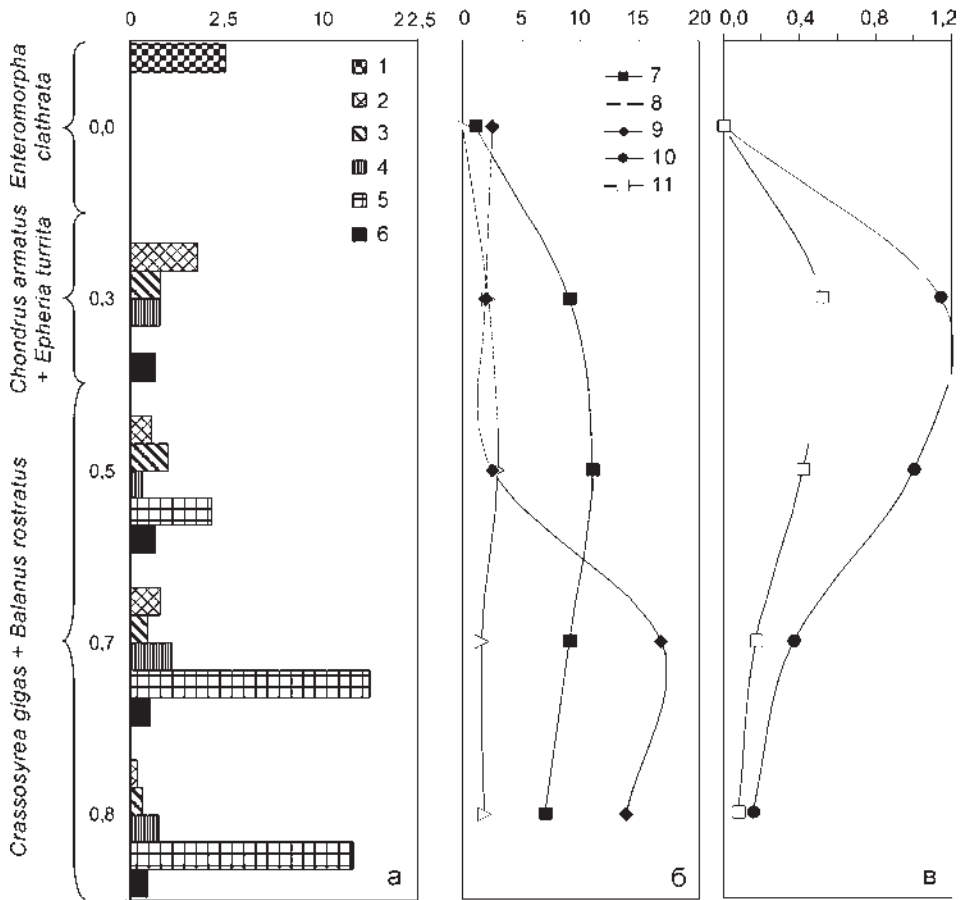


Рис. 2-9. Структура сообществ и группировок обрастания каменной наброски в реке Обьянения. По оси абсцисс: биомасса, кг/м² (а, б), плотность, тыс. экз./м², и число видов (б), величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (в); по оси ординат: глубина, м; 1 – *Enteromorpha clathrata*, 2 – *Chondrus armatus*, 3 – *Ahnfeltiopsis flabelliformis*, 4 – *Hemigrapsus sanguineus*, 5 – *Crassostrea gigas*, 6 – прочие, 7 – число видов, 8, 9 – общая плотность и биомасса, 10, 11 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу

мики амфипода *J. marmorata*. Второе место по биомассе и индексу $\sqrt{F \times B}$ занимает морской желудь *B. rostratus* (по встречаемости – четвертое, пропустив вперед, кроме *J. marmorata*, гидродид *O. longissima*; прил. 1, табл. 5). Таким образом, учитывая эти замечания и среднюю плотность поселения (1113,9, 1905,6 и 2030,6 экз./м² соответственно для мидии, амфиподы и балануса), данное сообщество следует называть как *M. trossulus* + *B. rostratus* + *J. marmorata*, а если принять во внимание величину другого производного индекса – $\sqrt{A \times B}$ (его значения для указанных видов составляют 1520,7, 1125,4 и 160,4 соответственно) – как *M. trossulus* + *B. rostratus*.

Общая биомасса и число видов значительно варьируют как вдоль тоннеля, так и по его периметру. Наибольшие величины перечисленных параметров отмечены на первом повороте тоннеля и сразу за ним (сечения 2 и 3), приходясь на дно и правую стенку, хотя по среднему числу видов дно, правая и левая стенки тоннеля почти одинаковы (рис. 2-10, 2-11). Абсолютный максимум биомассы

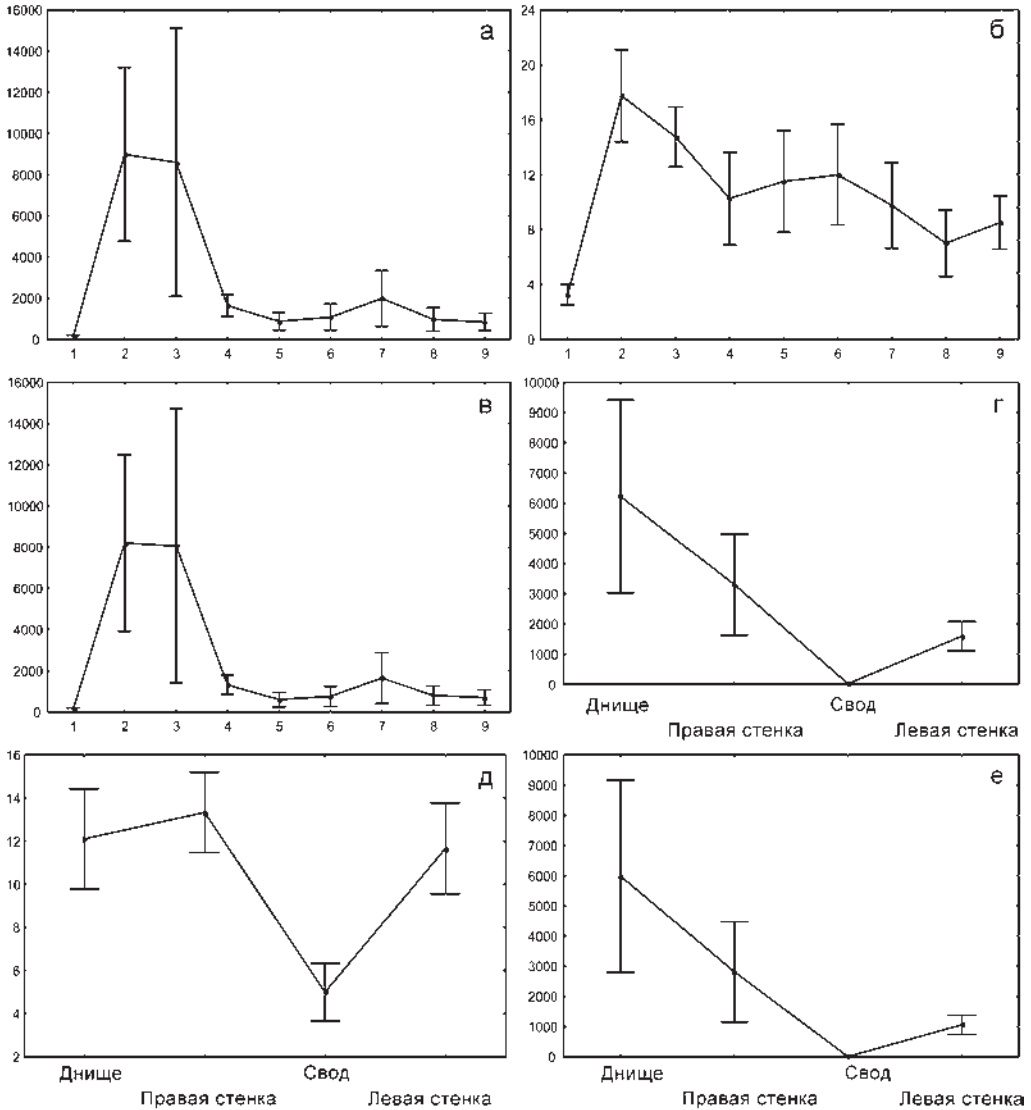


Рис. 2-10. Распределение общей биомассы (а, с), числа видов (б, д) и величин индекса агрегированности (е, е) общей биомассы организмов-обрастателей по длине (а-в) и периметру сечения (с-е) водозаборного тоннеля № 2 системы охлаждения ТЭЦ-2 г. Владивостока. Вертикальные линии – стандартная ошибка средней; ось абсцисс: 1-9 – номера сечений

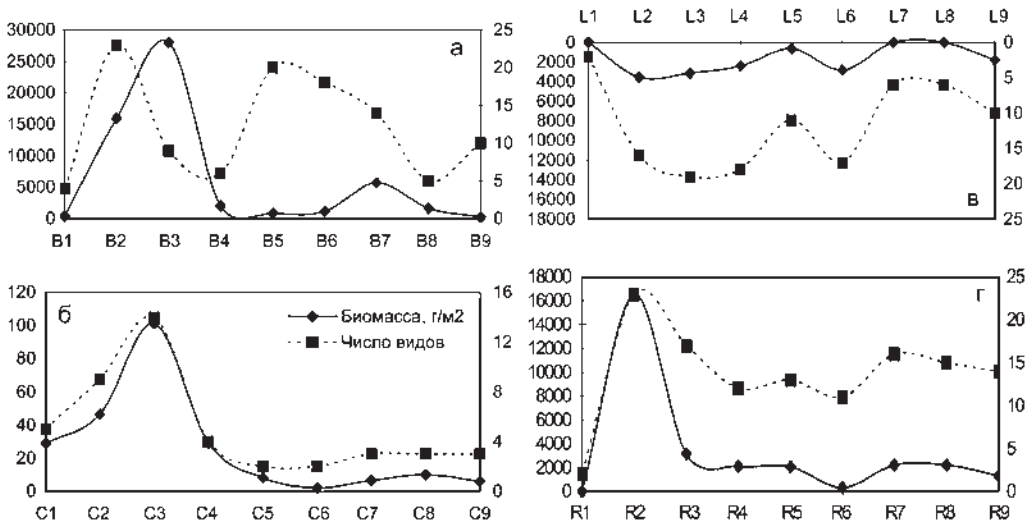


Рис. 2-11. Распределение общей биомассы и числа видов организмов-обращателей на поверхности дна, свода, левой и правой стенок (а-г, соответственно) водозаборного тоннеля № 2 системы охлаждения ТЭЦ-2 г. Владивостока. По оси абсцисс: точки отбора проб, по главной оси ординат – биомасса, (г/м²), по дополнительной – число видов

наблюдался на дне тоннеля (сечение 3), а наибольшее число видов – здесь же и на правой стенке (сечение 2). На дне максимумы общей биомассы и числа видов-обращателей смещены относительно друг друга. Наибольшие биомассы наблюдаются сразу после первого поворота и на втором повороте (сечения 3 и 7, второй максимум примерно в 5 раз меньше первого), а наибольшие значения числа видов – на первом повороте (сечение 2) и по середине тоннеля (сечение 5, на следующих двух станциях число видов снижено незначительно). На поверхности свода и стенок максимумы биомассы и числа видов в целом совпадают друг с другом и приходятся на сечения 2–4 и б на левой стенке, на сечение 2 на правой стенке и на сечение 3 на своде тоннеля. При этом распределение числа видов вдоль правой стенки заметно более равномерное, чем вдоль всех остальных «топических» подразделений.

Распределение всех без исключения одиночных животных, как прикрепленных, так и подвижных, носит статистически значимый агрегированный характер и в большинстве случаев биомассы отдельных видов животных в малой степени коррелируют с общей биомассой (прил. 1, табл. 5). При этом степень агрегированности изменяется в соответствии с вариациями общей биомассы. Ее максимумы приходятся на сечения 2 и 3 и днище тоннеля, а I_{wb} на правой стенке выше, чем на левой (рис. 2-10).

Большинство обнаруженных видов животных встречается единично (прил. 1, табл. 5), поэтому для классификации точек отбора проб были использованы не все виды, а только те из них, которые встречались в 30 % и более случаев (не менее чем в 11 пробах из 36). Классификация проб методами кластерного анализа

показала наличие трех отчетливых групп, довольно гомогенных по «топическому» составу (рис. 2-12):

- 1) пробы днища (исключение – проба R2 – правая стенка);
- 2) пробы стенок (исключение – C2 – свод тоннеля);
- 3) пробы свода (исключение – R1, L1 и L8 – стенки тоннеля).

В соответствии с этим делением были выделены три группировки (ассоциации) животных-обрастателей: 1 – днища, 2 – стенок и 3 – свода тоннеля (прил. 1, табл. 6–8).

По значениям биомассы, встречаемости и индекса $\sqrt{F \times B}$ группировку днища тоннеля следует называть как сообщество *M. trossulus*. Этот вид является здесь абсолютным доминантом. Второстепенные (субдоминантные) виды – *J. marmorata* и *B. rostratus*. Первый из них, как и *M. trossulus*, имеет 100 %-ную встречаемость, второй – занимает 2-е место после мидии по биомассе, а по индексу $\sqrt{F \times B}$ стоит третьим после мидии и амфиподы. В то же время встречаемость *B. rostratus* невелика и составляет всего 40 %. Значения индекса $\sqrt{A \times B}$ также максимальны у *M. trossulus* – 4539,2 и гораздо меньше у амфиподы и балануса – 189,4 и 98,6 соответственно.

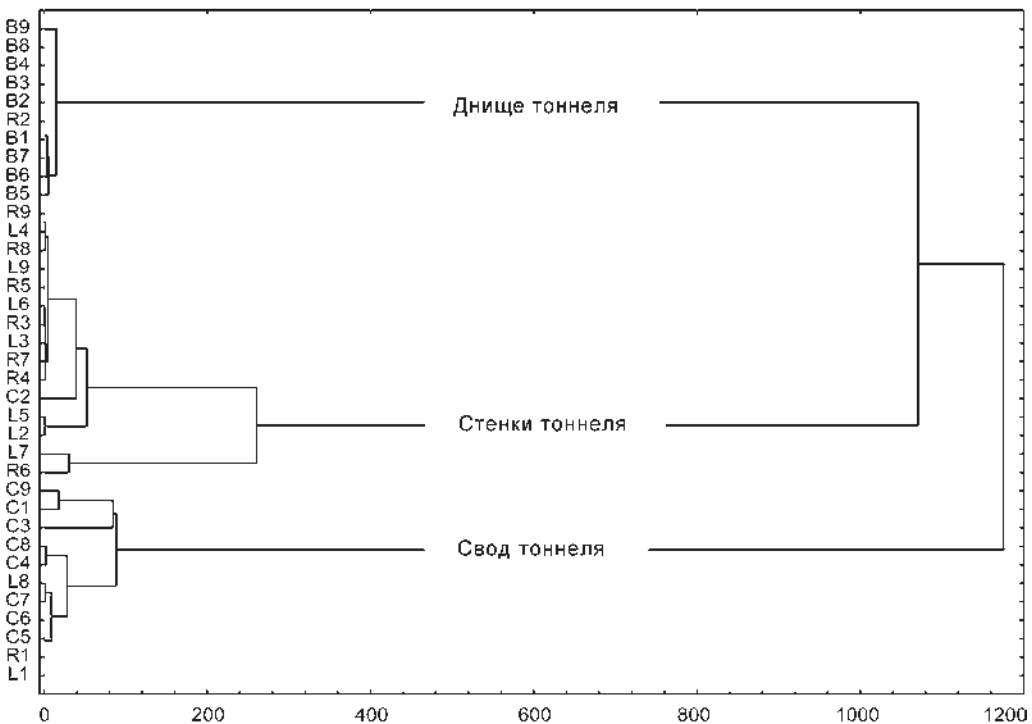


Рис. 2-12. Дендрограмма сходства станций по предварительно стандартизированным величинам биомассы отдельных видов животных, полученная методом Уорда (метрика – квадрат евклидова расстояния). По оси абсцисс: внутригрупповая сумма квадратов отклонений

В группировке стенок тоннеля видом-доминантом по биомассе и индексу $\sqrt{F \times B}$ является *B. rostratus*, а *M. trossulus* занимает по этим показателям 2-е место. По встречаемости *B. rostratus* делит 2-е место с седентарной полихетой *Potamilla sp.* (93,7 %), а первое – занимают *M. trossulus* и *J. marmorata* (100 %). В одной из проб (L7; в общей классификации эта проба отнесена к сообществу *A. improvisus*) *B. rostratus* не был обнаружен, и именно его отсутствие объясняет низкий порог включения этой пробы в группу 2 (рис. 2-12). Доминировал здесь другой морской желудь – *A. improvisus*. Учитывая сказанное, а также величины индекса $\sqrt{A \times B}$ (2624,5, 426,8 и 135,0 для балануса, мидии и амфиподы соответственно), данную группировку следует называть как сообщество *B. rostratus*. Необходимо отметить заметно меньшее значение *J. marmorata* по биомассе в этом сообществе: кроме мидии ее опережают морской желудь *A. improvisus*, устрица *C. gigas*, гидроид *O. longissima*, полихета *Potamilla sp.* и другая амфипода *C. cristibrachium*. Все средние численные характеристики *B. rostratus* максимальны именно в этой группе.

В группировке свода тоннеля абсолютным видом-доминантом (по всем параметрам) является *J. marmorata*. При этом она достигает здесь максимальной среды всех групп средней плотности поселения – 2145,5 экз./м². В то же время величины ее биомассы и индекса $\sqrt{F \times B}$ в этой группе заметно ниже, чем в сообществе дна тоннеля, и примерно равны таковым (незначительно превышают) в группировке стенок тоннеля. Вторым по значимости видом сообщества свода является гидроид *O. longissima*. Следует подчеркнуть, что в отличие от сообществ дна и стенок в группировке свода тоннеля биомасса большинства видов тесно коррелирует с общей биомассой (прил. 1, табл. 6–8).

Распределение большинства видов-образователей отличается заметным своеобразием ($1-r \rightarrow 1$, рис. 2-13). Наибольшие значения $1-r$ обычно наблюдаются у видов с крайне низкой встречаемостью. Исключение этих видов из дальнейшего анализа позволило выяснить уровень соответствия распределений доминантных и субдоминантных видов и, таким образом, детальнее исследовать функциональные связи наиболее часто встречающихся членов сообщества*.

В процедуру факторного анализа, учитывая заметное «топическое» единство полученных групп, по отдельности включали данные по биомассе видов, обнаруженных в пробах, собранных на днище, своде и стенках тоннеля. Такое дробление общего массива данных ограничивает количество используемых в расчетах видов до 9 для дна и свода и до 18 для стенок тоннеля (число переменных – биомасс отдельных видов – не должно превышать число измерений). Вследствие этого ограничения в анализе (днище и свод) были использованы виды с наименьшей средней арифметической суммой баллов по биомассе и встречаемости (наибольшие биомасса или встречаемость – 1, второе место – 2 и т.д.).

Чисто «топическое» итоговое деление данных в ряде случаев основывалось и на результатах предварительного анализа выделенных кластеров. Так, для группировки дна тоннеля (как промежуточные – полученные результаты детально не рассматриваются) проба R2 показала максимум фактора, включающего *B.*

*Порог включения вида – встречаемость не менее 30 %; *Caprella sp.* представлена «смесью» ювенильных особей различных видов капреллид и также исключена из дальнейшего анализа.

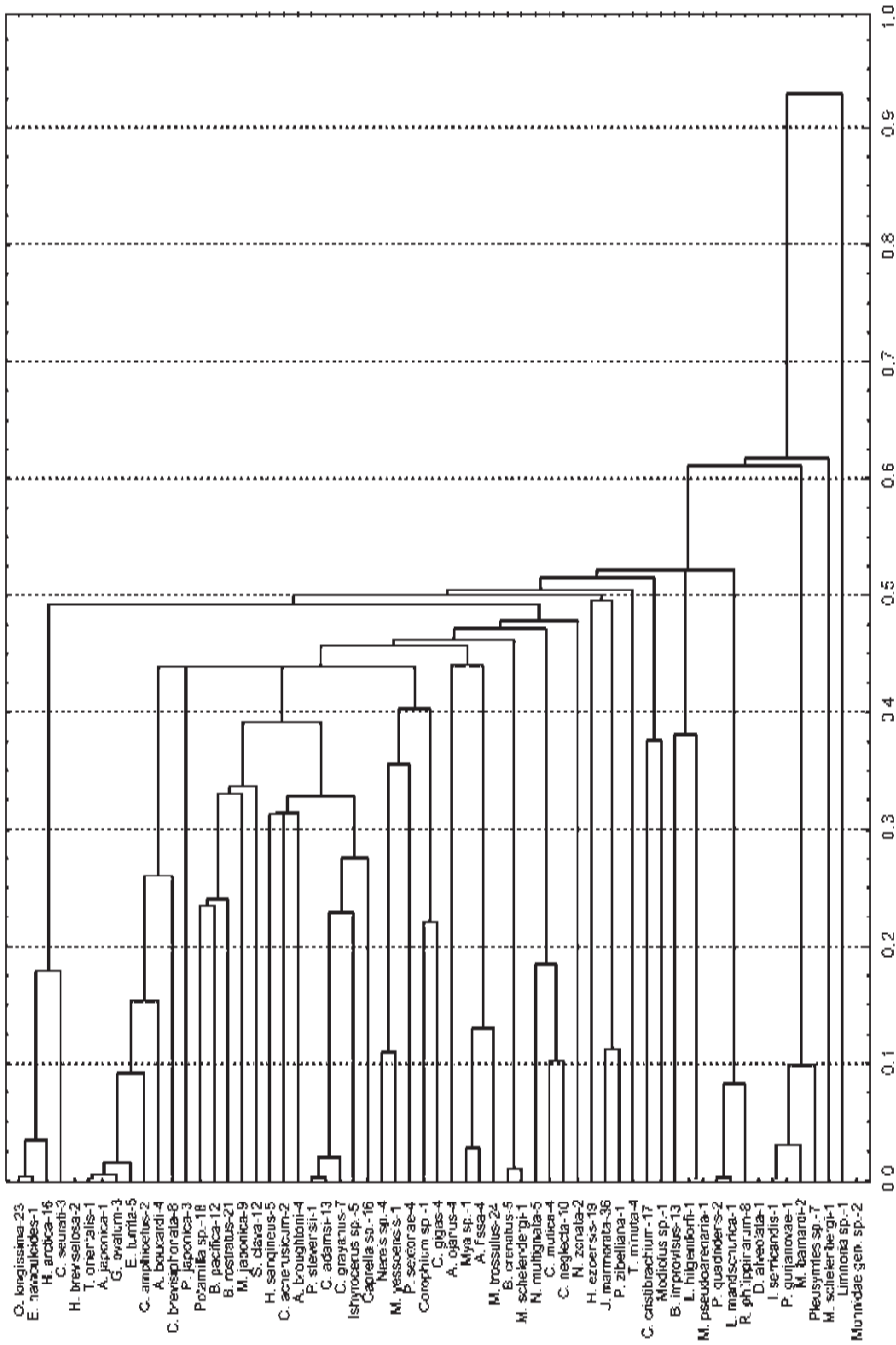


Рис. 2-13. Дендрограмма сходства отдельных видов макрообрастания по распределению в водозаборном тоннеле системы охлаждения ТЭЦ-2 г. Владивостока, полученная методом единичной связи (метрика – коэффициент корреляции Пирсона). Ось абсцисс – *I-r* Пирсона. Рядом с названием вида приведено число проб, в которых он был обнаружен

rostratus и *C. grayanus*, на фоне средней величины фактора *E. turrita* + *M. trossulus* + *O. longissima*. Следовательно, эту точку можно отнести к области экотона между сообществами *M. trossulus* (дноще тоннеля) и *B. rostratus* (стенки тоннеля) и включать как в первую, так и во вторую группировку. Подобные результаты получены и для точек *C2*, *L1*, *L8* и *R1* (области экотона между ассоциациями свода и стенок тоннеля). Поэтому их включение в ту или иную группу преследовало только цель увеличения количества анализируемых видов.

В группировке свода тоннеля (кроме собственно свода включены точки *L1* и *R1*) отчетливо выделяются три ассоциации: (1) четырех видов амфипод и балануса *J. marmorata* + *C. cristibrachium* + *Caprella neglecta* + *Pleusymtes sp.* + *B. crenatus*, (2) гидроида, балануса и амфиподы *O. longissima* + *B. improvisus* + *Gnorimosphaeroma ovatum*, (3) двух видов трубкостроящих полихет и балануса *Potamilla sp.* + *H. ezoensis* + *B. rostratus* (табл. 2-2). Трехфакторное решение основано прежде всего на результатах теста «каменистой осыпи» (перегиб графика приходится на число собственных значений, равное 3, рис. 2-14) и иерархического анализа косоугольных факторов: коэффициенты корреляции первичных кластеров переменных во всех случаях не превышают 0,2. Выделяемые факторы объясняют в сумме более 91 % дисперсии биомасс отдельных видов животных. В распределении указанных ассоциаций вдоль свода прослеживается некая зональность в начале тоннеля: максимум фактора 2 приходится на точку *C1*, фактора 3 – на *C2*, фактора 1 – на *C3* (рис. 2-15).

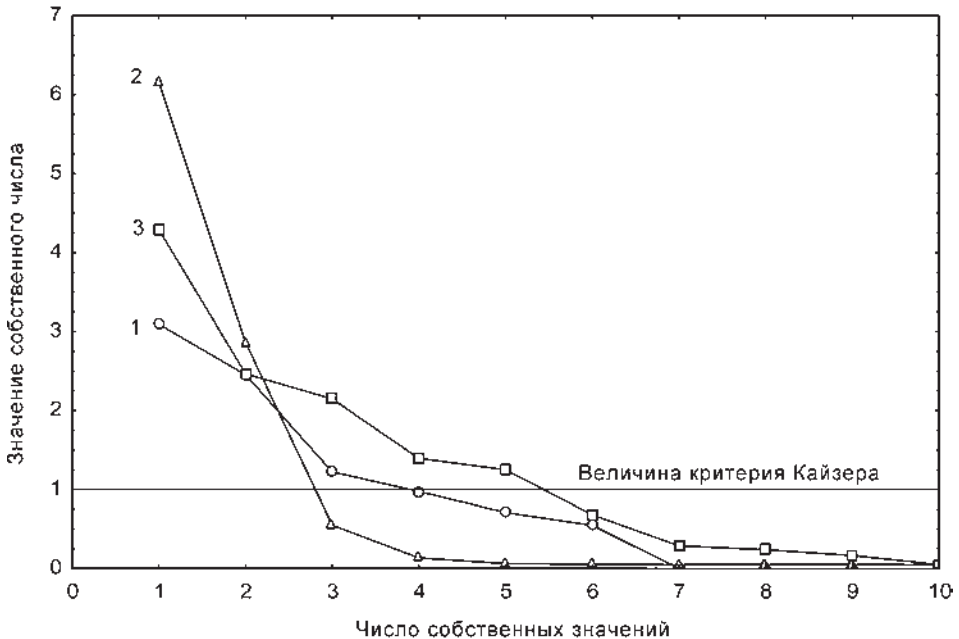


Рис. 2-14. Результаты теста «каменистой осыпи» для факторного решения, полученного при анализе структуры взаимосвязей доминантных и субдоминантных видов, обнаруженных в ассоциациях дна (1), свода (2) и стенок (3) тоннеля

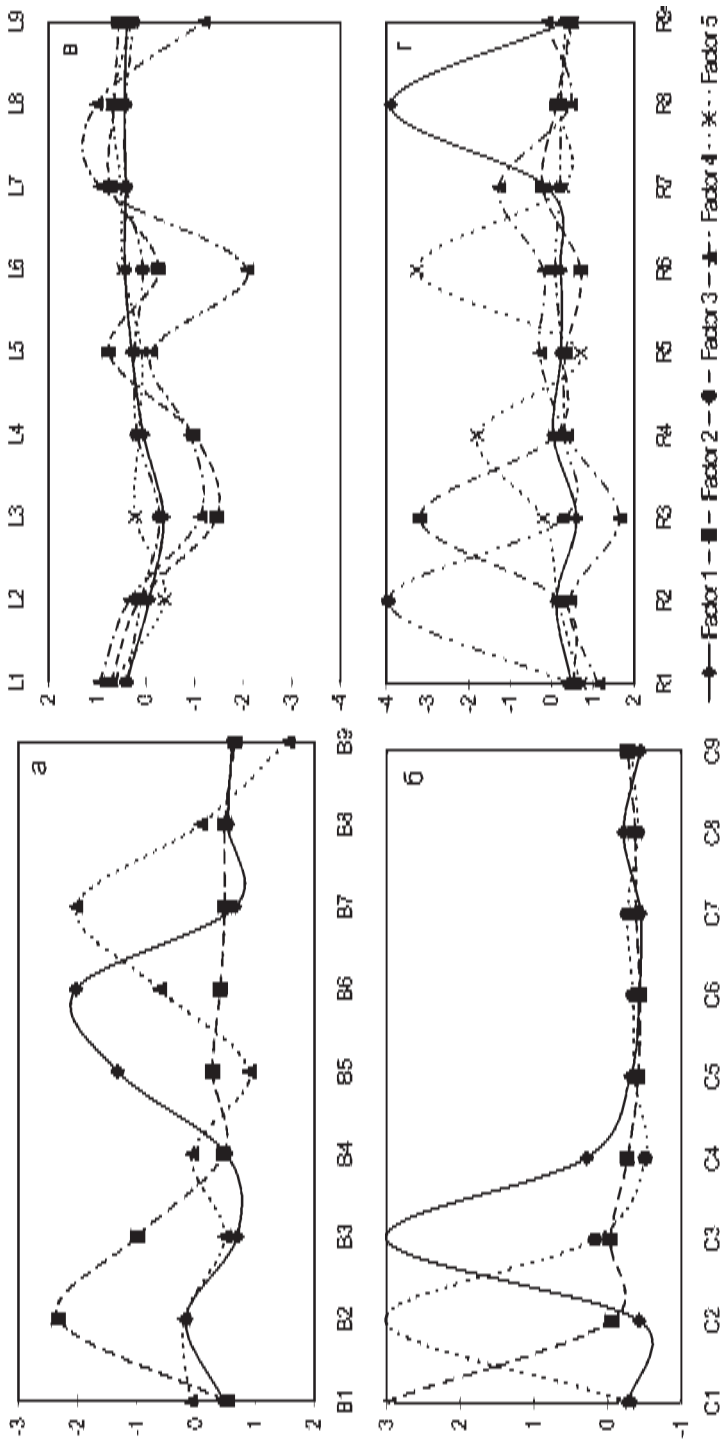


Рис. 2-15. Распределение величин факторов, полученных при анализе биомасс видов обрастателей водозаборного тоннеля ТЭС-2 г. Владивостока: *а* – днище, *б* – свод, *в* – левая и *г* – правая стенки тоннеля. По оси абсцисс: точки пробоотбора, по оси ординат: значения факторов (табл. 4.27-4.29 соответственно)

В группировке животных-обрастателей днища тоннеля (только пробы, собранные на дне) распределения наиболее массовых видов сопряжены в значительной степени. Методами факторного анализа отчетливо выделяются две ассоциации: (1) 2 вида трубокостроящих полихет и амфиподы *H. ezoensis* + *Potamilla* sp. + *J. marmorata* и (2) гидроида, гастроподы и мидии *O. longissima* + *E. turrita* + *M. trossulus* (факторы 1 и 2, табл. 2-3). Лишь *B. rostratus*, *C. cristibrachium* и *C. grayanus* распределены обособленно от этих видов. При этом распределение креветки до некоторой степени связано с первой группировкой, а изменения биомасс балануса и капреллид происходят в противофазе друг другу, образуя третий фактор. В сумме три фактора объясняют более 75 % дисперсии биомасс анализируемых видов, а их выделение основано на результатах теста «каменистой осыпи» и величине критерия Кайзера (рис. 2-14). Справедливость трехфакторного решения подтверждается и результатами иерархического анализа: коэффициенты корреляции у первичных кластеров переменных во всех случаях не превышают 0,2. Распределение величин факторов вдоль днища тоннеля характеризуется четким разделением их максимумов (рис. 2-15). Наибольшие значения фактора 1 наблюдаются посередине тоннеля, ближе к его второму повороту (точки B5 и B6), фактора 2 – перед первым поворотом (B2), а фактора 3 – посередине второго поворота (B7).

Таблица 2-2

Нагрузки факторов, полученных методом главных компонент и вращением варимакс, при анализе биомасс некоторых видов-обрастателей, обнаруженных в ассоциации свода водозаборного тоннеля

Вид	Фактор		
	1	2	3
<i>Obelia longissima</i>	0,118	-0,961	0,137
<i>Hydroides ezoensis</i>	0,612	0,019	0,764
<i>Potamilla</i> sp,	-0,002	0,018	0,983
<i>Balanus rostratus</i>	-0,148	0,025	0,971
<i>Balanus improvisus</i>	-0,088	-0,974	-0,094
<i>Balanus crenatus</i>	0,840	0,100	-0,100
<i>Gnorimosphaeroma ovatum</i>	-0,088	-0,974	-0,094
<i>Jassa marmorata</i>	0,904	-0,071	0,018
<i>Caprella cristibrachium</i>	0,958	0,010	0,074
<i>Caprella neglecta</i>	0,959	0,009	0,054
<i>Pleusymtes</i> sp,	0,946	0,037	0,031
Объясняемая дисперсия	4,682	2,841	2,549
Доля объясняемой дисперсии	0,426	0,258	0,23

Таблица 2-3

Нагрузки факторов, полученных методом главных компонент и вращением варимакс, при анализе биомасс некоторых видов-обрастателей, обнаруженных в ассоциации днища водозаборного тоннеля

Вид	Фактор		
	1	2	3
<i>Obelia longissima</i>	0,005	-0,997	-0,017
<i>Hydroides ezoensis</i>	-0,977	-0,161	0,080
<i>Potamilla</i> sp,	-0,980	0,117	0,034
<i>Balanus rostratus</i>	0,141	0,058	0,818
<i>Jassa marmorata</i>	-0,815	0,181	0,187
<i>Caprella cristibrachium</i>	0,188	0,229	-0,701
<i>Epheria turrita</i>	-0,129	-0,844	0,207
<i>Crenomytilus grayanus</i>	-0,573	0,006	-0,232
<i>Mytilus trossulus</i>	0,263	-0,765	0,006
Объясняемая дисперсия	3,050	2,420	1,300
Доля объясняемой дисперсии	0,339	0,269	0,144

В группировке стенок тоннеля (только пробы со стенок) обнаруживается пять ассоциаций: (1) *O. longissima* + *Hiatella arctica* (двустворчатый моллюск) + *C. cristibrachium*, (2) *Bugula pacifica* (мшанка) + *J. marmorata* + *Potamilla sp.* + *B. rostratus*, (3) *M. trossulus* + *Callithaca adamsi* (двустворчатый моллюск), (4) *Mya japonica* + *Callista brevisiphonata* (двустворчатые моллюски), (5) *A. improvisus* + *H. ezoensis* (табл. 2-4). Выделение 5 факторов, объясняющих в сумме 88,8 % дисперсии измеряемых переменных, основывалось на непротиворечии критерию Кайзера, результатах теста «каменистой осыпи» (рис. 2-14) и иерархического анализа ($r < 0,32$). Так как факторные решения, полученные методами главных компонент и максимального правдоподобия, совпадали в деталях, дополнительно использовали критерий χ^2 (максимальное правдоподобие модели достигалось именно при 5 факторах). Распределение величин факторов вдоль стенок тоннеля представлено на рис. 2-14.

Таблица 2-4

Нагрузки факторов, полученных методом главных компонент и вращением варимакс, при анализе биомасс некоторых видов-обрастателей, обнаруженных в ассоциации стенок водозаборного тоннеля

Вид	Фактор				
	1	2	3	4	5
<i>Obelia longissima</i>	-0,970	-0,008	0,051	0,116	0,051
<i>Hydroides ezoensis</i>	-0,562	0,402	-0,116	0,067	-0,600
<i>Potamilla sp.</i>	-0,364	0,812	0,085	-0,165	-0,025
<i>Balanus rostratus</i>	-0,236	0,710	0,174	-0,482	0,045
<i>Balanus improvisus</i>	0,107	-0,137	0,117	-0,029	-0,933
<i>Jassa marmorata</i>	0,186	0,834	0,072	0,400	0,015
<i>Caprella cristibrachium</i>	-0,831	0,490	-0,070	0,014	0,021
<i>Callista brevisiphonata</i>	0,153	-0,070	0,124	-0,697	-0,239
<i>Callithaca adamsi</i>	0,038	-0,021	-0,989	0,098	0,050
<i>Hiatella arctica</i>	-0,970	0,035	0,086	0,038	0,019
<i>Mya japonica</i>	0,084	0,272	0,067	-0,846	0,273
<i>Mytilus trossulus</i>	0,034	-0,046	-0,988	0,098	0,033
<i>Bugula pacifica</i>	-0,079	0,949	-0,126	-0,098	0,051
Объясняемая дисперсия	3,161	3,262	2,077	1,670	1,374
Доля объясняемой дисперсии	0,243	0,251	0,160	0,128	0,106

Как и для отдельных сообществ, общие характеристики обилия и разнообразия макрообрастателей в пробах с различных ГТС часто статистически значимо ($r < 0,5$) коррелируют между собой (прил. 1, табл. 9). Наиболее сильно они связаны на своде тоннеля, что не удивительно, т.к. по составу проб он в большой степени соответствует сообществу *J. marmorata*, а также на левой стенке тоннеля. У биомассы, плотности поселения и индекса Шеннона–Винера эти связи обычно положительны, а у индекса Пиелу – отрицательны. Следовательно, на различных гидротехнических сооружениях проявляются те же закономерности, что и в отдельных сообществах обрастателей: чем больше биомасса и плотность поселе-

ния, тем население ГТС более разнообразно, и чем выше обилие организмов, тем выравнивается рангового распределения видов выражена слабее. В связях параметров обилия и разнообразия с глубиной каких-либо отчетливых тенденций не выявлено даже с использованием нелинейных методов аппроксимации, и для каждого ГТС форма и знак этих зависимостей весьма специфичны (прил. 1, табл. 9). Можно лишь отметить статистически значимую, но слабую положительную связь числа видов и индекса Шеннона–Винера в общей выборке, индекса Пиелу – в обрастании дамбы, числа видов и биомассы – на стенке водозабора, и значимо отрицательную – индекса Пиелу в р. Объяснения.

Организмы-обрастатели образуют так называемые «физически контролируемые» сообщества, которые обычны для литорали и эстуариев, формируются в течение 1–3 лет и довольно легко возвращаются в исходное состояние после стрессовых воздействий [Ошурков, 1994]. Для судов таким воздействием является очистка корпуса [Moshchenko, Zvyagintsev, 2001a]. Поэтому сообщества обрастания судов почти никогда не достигают климаксного состояния и находятся на некоторых стадиях сукцессии, когда развиваются относительно стабильные «типы обрастания» – сообщества гидроидов, баланусов, мидий и т.д.

Обрастание тоннелей также относится к «физически контролируемым» сообществам, а основным фактором, определяющим его состояние в ряду сукцессионных переходов между «типами обрастания», является промывка горячей водой. В результате группировки тоннелей по сравнению с природными сообществами относительно бедны видами. В то же время слабая связь биомасс видов с общей биомассой говорит о том, что за период своего существования сообщество обрастателей успевает достичь здесь такого уровня сукцессии, когда в распределении животных основную роль начинают играть биологические взаимодействия, а не единый (физический, химический) контролирующий фактор [Суханов и др., 1994].

Несколько иная картина проявилась при анализе группировок разных топических подразделений тоннеля. На своде биомассы доминантных и субдоминантных видов сильно коррелировали с общей биомассой и, следовательно, в распределении животных проявляется жесткое действие единого фактора. Таким фактором является степень и длительность осушения: исследованные тоннели никогда не заполнены водой полностью, и их свод большей частью является зоной «заплеска». Очевидно, его действие также проявляется в сильной и значимой скоррелированности параметров обилия и разнообразия.

Поясная зональность свода тоннеля, по всей видимости, также обусловлена осушением. В начале тоннеля, при почти постоянном заполнении, развивается ассоциация неустойчивых к осушению видов *O. longissima*, *A. improvisus* и *G. ovatum* (сечение 1). Затем появляется более устойчивая к осушению ассоциация *Potamilla sp.*, *B. rostratus* и *H. ezoensis* (сечение 2) и, наконец, на границе постоянного осушения – ассоциация *J. marmorata*, *C. cristibrachium*, *C. neglecta*, *Pleusymtes sp.* и *B. crenatus* (сечение 3).

В отличие от группировки свода сообщества, развивающиеся на стенках и дне тоннеля, в большей степени соответствуют «биологически сбалансированным» группировкам бентоса, в которых биологические связи видов крайне многообразны и во многом определяют их состав и структуру. В этом отношении они близки природным сообществам, о чем свидетельствует, например, включение в

кластер I проб, взятых с дамбы. Материал, слагающий дамбу, идентичен скальным выходам и глыбовым развалам соседней с ней скалистой сублиторали.

Любопытен в этом отношении кластер VI, в который входят проба с пирса, взятая у уреза воды, и пробы с левой и правой стенок, взятые в области второго поворота тоннеля. Морской желудь *A. improvisus* – относительно новый вид-вселенец в зал. Петра Великого и оппортунист привычных для нас *Ch. dalli* и *B. crenatus*, образующих скопления на скалистой литорали, подверженной умеренному и сильному волнению [Звягинцев, 2005]. Скопления *Ch. dalli* были обнаружены нами у уреза воды на дамбе, что в целом соответствует населению сублиторали соседних районов.

Движение воды является одним из основополагающих факторов, обуславливающих распределение животных на естественных и антропогенных субстратах. Например, на судах агрегированное распределение обрастателей и вариации их биомассы тесно связаны с характером обтекания корпуса потоком воды и образованием зон микромасштабной турбулентности в местах отрыва потока [Moshchenko, Zvyagintsev, 2001b; Звягинцев, Мощенко, 2002].

Несмотря на достаточно простую геометрию тоннелей движение воды внутри них происходит по довольно сложным схемам с образованием областей локальной концентрации касательных напряжений, водоворотных зон и поперечных циркуляций (подробнее см. раздел 2.2). Развитие разных сообществ на стенках и днище тоннелей, а также мозаичное распределение животных обусловлены как особенностями движения, так и поведением личиночных и постличиночных стадий развития субстратообразующих животных, и прежде всего *M. trossulus* (пассивное оседание и последующее перераспределение) и *B. rostratus* (активный выбор областей интенсификации микромасштабной турбулентности).

Некоторая степень несоответствия «топического» и «биологического» разделения тоннелей – попадание проб со стенок в кластер днища, со свода – в кластер стенок и т.д. – также главным образом результат гидродинамического искажения потока и, в частности, неравномерности заполнения тоннелей водой. Например, включение проб *L1*, *L8* и *R1* в кластер «свод» – следствие увеличения продолжительности осушки в этих частях тоннеля. Возможно, что и большая степень скоррелированности общих параметров обилия и разнообразия, отмеченная на левой стенке тоннеля по сравнению с правой и дном, также результат неравномерности заполнения. В этом отношении получается, что левая стенка «физически контролируется» в большей степени, чем дно и правая стенка.

Естественно, что большую роль в формировании пятнистого распределения животных играют внутри- и межвидовые отношения. Одни животные используют других в качестве субстрата, как, например, морские козочки гидроидов, молодь мидий – домики баланусов, а гидроиды и мшанки – раковины мидий и других моллюсков. Вторые привлекают особей своего вида выделением химических медиаторов, что весьма распространено у усоногих раков, третьи питаются другими организмами, как улитка *E. turrita* ульвой, и т.д.

В этом отношении показательно существование внутри группировок стенок и дна тоннеля неких ассоциаций животных различных видов. Так, на дне тоннеля субстратом для поселения *O. longissima* являются створки раковин мидии *M. trossulus*. Распределение улиток *E. turrita*, которые питаются водорослями, сопряжено с про-

странственным размещением мидии в связи с тем, что наибольшее количество обрывков водорослей наблюдается именно в местах скопления *M. trossulus*. На стенках тоннеля *O. longissima* является субстратом для *H. arctica* и *C. cristibrachium**. В других случаях сопряженность разных видов животных – результат некоторой абиотической гетерогенности внутреннего пространства тоннеля и возникновения областей, благоприятных для оседания и существования различных обрастателей. По-видимому, этим объясняется наличие ассоциаций *J. marmorata* + *Potamilla* sp. + *B. rostratus* (+ *B. pacifica*, которая использует известковые домики баланусов и трубки полихет в качестве субстрата), *M. trossulus* + *C. adamsi*, *M. japonica* + *C. breviphonata*, *B. improvisus* + *H. ezoensis* на стенках тоннеля и *H. ezoensis* + *Potamilla* sp. + *J. marmorata* на его днище. Несомненно также, что эта гетерогенность ответственна и за различия в распределении самих субстратообразующих видов группировок днища и стенок тоннеля (*M. trossulus*, *B. rostratus*, *O. longissima*).

Обрастание сбросного канала и р. Объяснения представлено преимущественно сообществом с доминированием *C. gigas* – тихоокеанского приазиатского субтропическо-низкобореального вида, который может обитать при повышенной температуре и находит оптимальные условия в подогретых отработанных водах. В результате сообщества обрастания объектов системы водоснабжения станции, с одной стороны, и канала и реки – с другой, принципиально различаются отсутствием *M. trossulus*. Этого вида нет и в обрастании дамбы в водозаборном ковше. Таким образом, с одной стороны, система водоснабжения определяет идеальные условия для формирования сообществ обрастания с доминированием *M. trossulus*, создающей основные биопомехи ее работе. С другой – причиной уменьшения числа видов после прохождения системы охлаждения может быть «термальное загрязнение» сбросных вод.

Естественно, причиной снижения числа видов-макрообрастателей в канале и р. Объяснения по сравнению с тоннелями и ГТС в водозаборном ковше могут быть и различия в количестве проб. Зависимость числа обнаруженных видов от размера и числа пробных площадок хорошо известна и является частным выражением одной из центральных проблем современной экологии и биогеографии – проблемы соотношения «виды–площадь» [Kilburn, 1966; Connor, McCoy, 1979; Песенко, 1982; Hawkins, Hartnoll, 1983; Westfall et al., 1987; Кафанов, Жуков, 1993]. Однако если исключить тоннели, где число проб было в разы выше, чем на остальных объектах, количество видов, найденных на ГТС ковша, было заметно выше, чем после прохождения системы охлаждения при сходных объемах выборок (исключение, в некоторой степени, – пирс).

На вращающихся сетках мидии находятся в постоянных стрессовых условиях, которые в природе нигде не встречаются: постоянное чередование нахождения то в воде, то в воздухе в течение всего нескольких минут. Такая смена условий существования отразилась на размерно-частотных характеристиках мидий: средний размер моллюсков оказался гораздо меньшим, чем этот показатель для мидий такого же возраста на решетке грубой очистки.

*Вопреки сложившемуся мнению морские козочки (капреллиды) не являются хищниками гидроидов; по наблюдениям Н.Н. Марфенина [1993 а], они никогда ими не питаются, а используют лишь в качестве субстрата, удобного для перехвата с него добычи из потока воды.

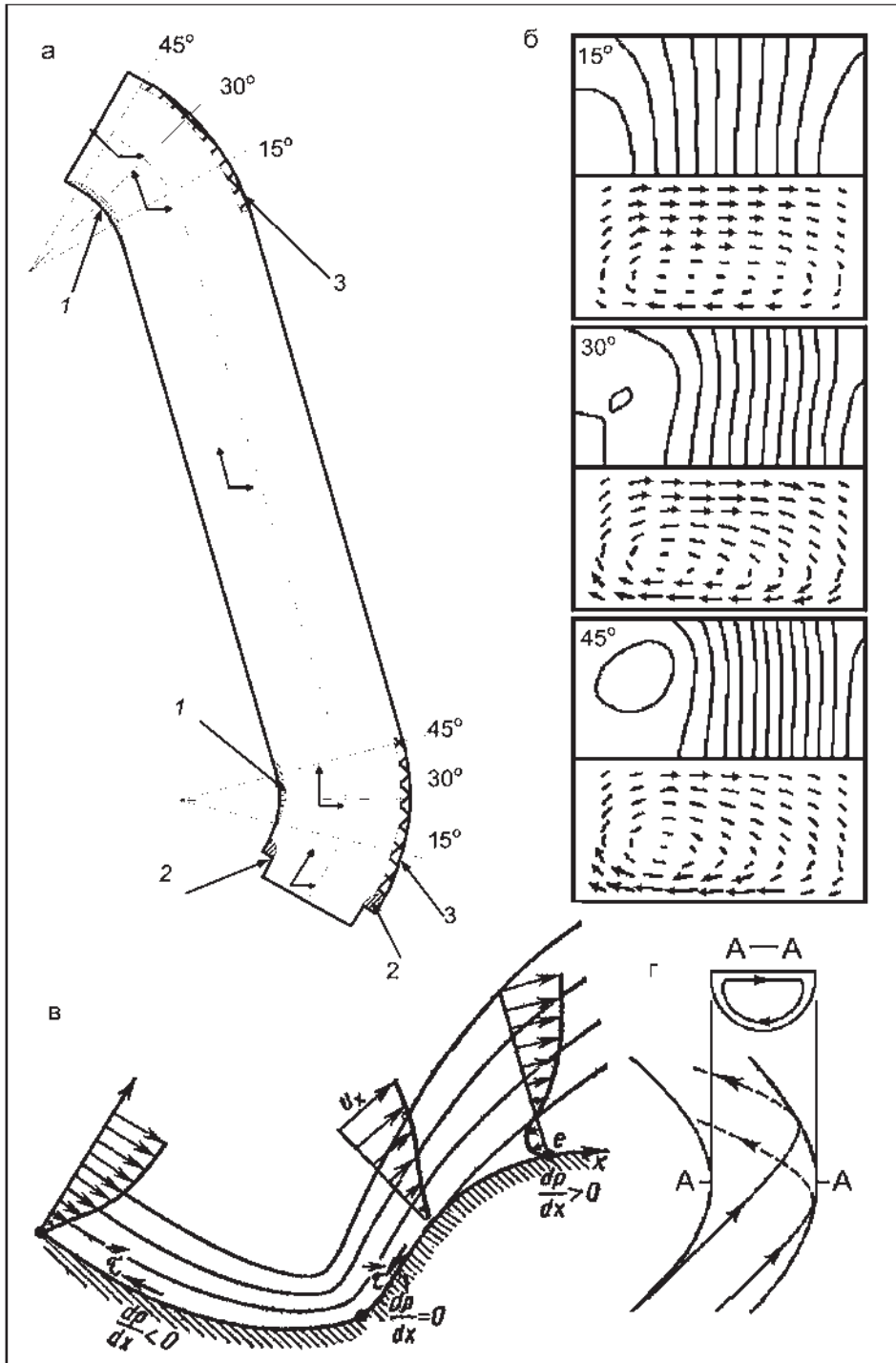
Следует подчеркнуть, что выделяемые нами группировки – *M. trossulus*, *J. marmorata*, *H. ezoensis* и т.д. – имеют свои аналоги в естественных условиях и на других антропогенных субстратах. Так, первое сообщество характерно для скалистой сублиторали зал. Петра Великого до 20 м, второе – для обрастания буев навигационного ограждения (в верхней области их погруженной части), третье – «монодоминантно» покрывает талломы ламинарий. Как и в природе, в распределении сообществ обрастания прослеживается и вертикальная зональность. Группировки мелких баланусов и зеленых водорослей образуются у уреза воды и на небольших глубинах. Глубже развиваются ассоциации багрянок, крупных усоногих раков, двустворчатых моллюсков, гидроидов, асцидий и др.

Количественное распределение обрастания бетонной стенки водозабора обусловлено влиянием льда толщиной около 1 м. Здесь обрастание ежегодно уничтожается льдом, и процесс его формирования начинается вновь в конце мая – начале июня. Такое сообщество обычно на длительно эксплуатирующихся причальных сооружениях Амурского залива [Кашин и др., 2000]. Кроме того, это сообщество постоянно встречается на валунах и скалистом грунте верхней сублиторали этого залива в диапазоне глубин 2–10 м.

Таким образом, появление того или иного сообщества на естественном и антропогенном субстрате – результат лишь сходства внешних условий и обстоятельств. Собственно, даже терминологическое деление организмов, обитающих на твердых субстратах, на «обрастание», «бентос», «перифитон» и т.п. не имеет какой-либо функциональной подоплеки и применяется лишь в силу традиций. В этом отношении логичнее вслед за А.А. Протасовым [1994] делить донных животных на бентос (рыхлые грунты) и перифитон или что-то в этом роде (твердые субстраты) – здесь как раз «функциональные» различия налицо. При этом стационарные гидротехнические сооружения представляют собой своеобразный экотон (опушка леса у фитоценологов) антропали и бентали, функцию такой переходной зоны обуславливает многолетняя эксплуатация этих объектов и их непосредственный контакт с бенталью.

2.2. РОЛЬ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ИСКАЖЕНИЯ ПОТОКА В РАСПРЕДЕЛЕНИИ МАССОВЫХ ВИДОВ-ОБРАСТАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ВОДОЗАБОРНОГО ТОННЕЛЯ

Движение воды является одним из основных факторов, обуславливающих распределение животных на естественных и антропогенных субстратах [Riedl, 1971]. Особую роль в этом отношении играют микровихревые движения, так называемая микромасштабная турбулентность (ММТ). При турбулентном движении микровихри регулярно проникают в вязкий подслои пограничного слоя воды [Гринвальд, Никора, 1988]. Это увеличивает вероятность сближения личинок с субстратом [Butman, 1986; Mullineaux, Butman, 1990, 1991; Mullineaux, Garland, 1993]. В результате в природе и на антропогенных субстратах многие животные поселяются вблизи мест отрыва потока [Riedl, 1971; Welder, 1975; Mullineaux, Butman, 1990], т.е. там, где ММТ хорошо выражена. Микровихри «помогают» сближению с субстратом и его населением не только личинкам, но и объектам,



входящим в рацион прикрепленных животных, у многих из которых, например баланусов и гидроидов, способ питания максимально приближается к хищному. Известно также, что возможности захвата добычи у многих животных возрастают при микровихревых движениях воды [Riedl, Förstner, 1968; Chamberlain, Graus, 1975; Leversee, 1976; Muzik, Wainwright, 1977; Rubenstein, Koehl, 1977; Shimeta, Jumars, 1991; Eckman, Duggibs, 1993; Eckman, Okamura, 1998], что связано, очевидно, с увеличением вероятности контактов в системе «хищник–жертва» [Rotschild, Osborn, 1988]. В то же время, например, на корпусах судов массовые и часто субстратообразующие виды животных дифференцированы по отношению к интенсивности и масштабу турбулентности, что свидетельствует о существовании различных механизмов взаимодействия их личинок и взрослых особей с микровихревыми движениями воды [Moshchenko, Zvyagintsev, 2001 *a, b*; Звягинцев, Мощенко, 2002]. Выявить эти механизмы возможно только при условии более детальной, чем для судов, характеристики движения воды в местах поселения различных организмов. Такие исследования были выполнены в водозаборных тоннелях системы охлаждения Владивостокской ТЭЦ-2, где гидродинамические процессы достаточно легко поддаются описанию.

Как было показано в предыдущем разделе, в сообществе обрастателей водозаборного тоннеля ВТЭЦ-2 отчетливо выделяются три группировки животных, дифференцированные топически и отличающиеся прежде всего по доминантным и субдоминантным видам. На своде тоннеля это строящая домики амфипода *J. marmorata*, на стенках – морской желудь *B. rostratus*, на днище – двустворчатый моллюск *M. trossulus*. Группировку свода тоннеля следует отнести к физически контролируемым сообществам (основной фактор, определяющий обилие и распределение животных, – степень и продолжительность осушки), тогда как в группировках стенок и днища большую роль играют биологические взаимоотношения, и, следовательно, эти группировки следует рассматривать как относительно «биологически сбалансированные» сообщества или «типы обрастания». Последние представляют собой стадии сукцессии, на которых развиваются относительно стабильные сообщества гидроидов, баланусов, мидий и т.д. При этом основным фактором, определяющим состояние сообщества тоннеля в ряду сукцессионных переходов, являются ежегодные промывки горячей водой, приводящие к гибели большинства животных.

Несмотря на достаточно простую геометрию водозаборного тоннеля движение воды внутри него происходит по довольно сложной схеме с образованием областей локальной концентрации касательных напряжений, водоворотных зон и поперечных циркуляций (рис. 2-16 *a, 1–3*). Причем положение и масштабы этих неоднородностей зависят от объемов воды, поступающих и перемещающихся по тоннелю в единицу времени и, следовательно, контролируются технологическим режимом работы системы охлаждения.

Рис. 2-16. Некоторые особенности движения воды по водозаборному тоннелю: *a* – вид тоннеля в плане; *b* – вторичное течение, поперечный разрез при разных углах поворота; *в* – отрыв пристенного пограничного слоя в области выпуклых участков; *г* – вторичное течение, вид в плане. Обозначения: 1 – водоворотные зоны, 2 – области вихреобразования при расширении струи, 3 – участки локальной концентрации касательных напряжений, *p* – давление, *x* – координата вдоль стенки, τ – касательное напряжение, U_x – скорость потока; векторные диаграммы на рис. *a* – направления движения потока и действия силы Кориолиса; на рис. *b* для каждого значения угла поворота русла показаны изолинии поперечного давления (вверху) и векторы поперечной скорости (внизу); *b* – по: [Флетчер, 1991]; *в, г* – по: [Константинов и др., 1987]

В наиболее общем виде движение воды в тоннеле происходит следующим образом. Сразу же после выхода из трубы, по которой вода подается в тоннель, струя постепенно расширяется на участке, соответствующем примерно десяти его диаметрам (около 20 м, рис. 2-16, а). В процессе расширения происходит формирование мощных кольцевых вихрей, охватывающих струю воды. В областях поворота русла тоннеля, за его выпуклыми участками, развиваются водоворотные зоны, что связано с явлением отрыва пристенного пограничного слоя воды (рис. 2-16 а, в). Водоворотные зоны, в зависимости от скорости потока, могут простираться вниз по течению на расстояние 40–50 диаметров тоннеля (80–100 м). Вогнутые участки тоннеля дают начало вторичных течений – поперечных циркуляций (рис. 2-16 а, б, г): при повороте трубы под влиянием сил инерции распределение давления в поперечных сечениях не соответствует гидростатическому закону и на некотором участке по внешней стороне периметра оно заметно возрастает, а по внутренней – снижается вплоть до образования вакуума. В результате поток приобретает штопорообразное движение.

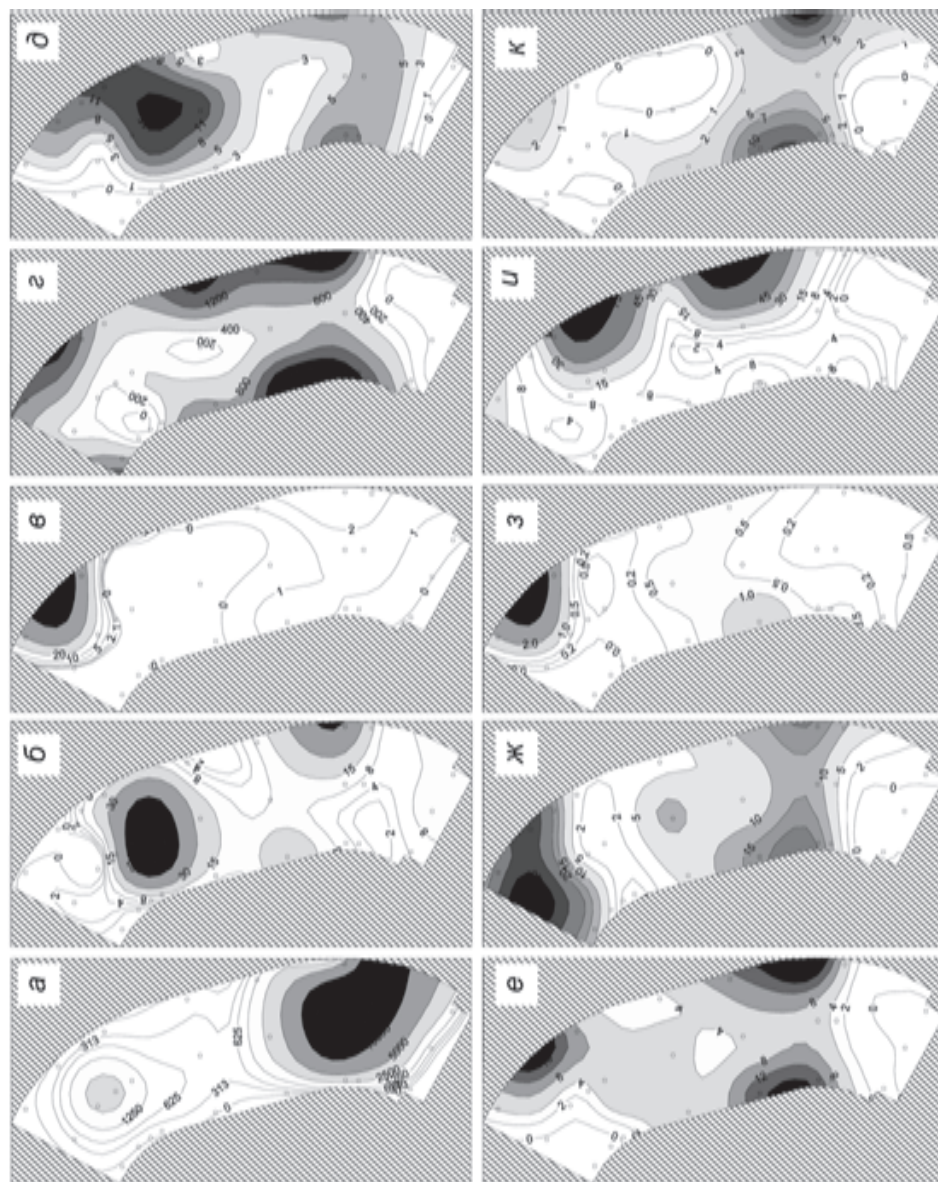
Локальные концентрации касательных напряжений на вогнутых участках стенки тоннеля, как и образование водоворотных зон, приводят к местным потерям энергии, но, кроме этого, энергия движения теряется и вдоль всего русла, что имеет по крайней мере два важных следствия. Во-первых, это уменьшение скорости потока вдоль русла, во-вторых – гидравлическая неравноценность первого и второго поворотов тоннеля. Следует подчеркнуть, что и разные стенки тоннеля, строго говоря, также неравноценны в гидравлическом отношении, и, более того, неравноценны и его отдельные прямые участки, что связано с действием силы Кориолиса, которая создает дополнительный момент, отклоняющий поток вправо (рис. 2-16, а). С одной стороны, действие этой силы до некоторой степени поддерживает вторичное штопорообразное течение, с другой – увеличивает касательные напряжения на правой стенке тоннеля.

Основное влияние изменений количества воды, поступающей и перемещающейся по тоннелю в единицу времени, и соответственно вариаций степени его заполнения проявляется через энергетическое состояние потока. Бурный поток, в отличие от спокойного, способен безотрывно обтекать боковые стенки, имеющие излом в виде тупого угла*. Максимальное значение угла поворота русла, при котором водоворотные зоны не образуются, составляет 66° , что превышает углы поворота рассматриваемого тоннеля почти в 1,5 раза. Минимальное заполнение исследуемого тоннеля, естественно, наблюдается в его верхней части и, следовательно, развитие водоворотной зоны за вторым поворотом гораздо менее вероятно, чем за первым. Несколько по иному, чем спокойный, обтекает бурный поток и вогнутую стенку: из точек излома выходят линии возмущения (повышения), которые на некотором расстоянии от стенки пересекаются, усиливаются и образуют косую волну повышения.

Сопоставление схемы движения воды и биомасс доминантных и субдоминантных субстратообразующих видов на днище и стенках тоннеля показывает, что эти животные достигают максимального обилия в областях, существенно отличающихся по гидродинамическим условиям (рис. 2-17). Так, максимум биомассы *M. trossulus* приходится на днище тоннеля в области первого поворота, а в об-

* Критерием, определяющим энергетическое состояние потока, является критическая глубина (h_k), которая соответствует минимальному значению удельной энергии сечения. При глубинах $h < h_k$ потоки находятся в бурном состоянии, при $h > h_k$ – в спокойном [Константинов и др., 1987].

Рис. 2-17. Распределение биомасс различных животных-обрастателей на днище и стенках водозабортного тоннеля: а – *M. trossulus*, б – *J. marginata*, в – *O. longissima*, г – *B. rostratus*, д – *H. ezoensis*, е – *Potamilla* sp., ж – *C. crinitibrachium*, з – *H. arcuata*, и – *A. improvisus*, к – *B. pacifica*



щей форме изолиний биомассы отчетливо прослеживается не только ее градиент от места поступления воды в тоннель к точке *B3*, но и от правой стенки (от точки *R2*) в этом же направлении.

Наибольшая биомасса *B. rostratus*, *Potamilla sp.* и *B. pacifica* наблюдается сразу за первым поворотом (сечение 3) по левой (водоворотная зона) и правой (область максимального нарастания касательных напряжений) стенкам. Кроме того, их биомасса заметно повышена (у *B. pacifica* в меньшей степени) и по правой стенке в области второго поворота тоннеля. Похожее пространственное размещение имеют *C. cristibrachium* и *H. ezoensis*. Главное отличие распределения первого из них – приуроченность основного максимума к днищу в конце тоннеля, второго – наибольшая биомасса на днище в начале второго поворота и общая тенденция в ориентации изгибов ее изолиний.

Несколько больше отличается распределение *O. longissima*: абсолютный максимум ее биомассы приходится на правую стенку второго поворота тоннеля (точка *R8*), а в области первого поворота ее биомасса хотя и возрастает, но очень незначительно. Как уже отмечалось, пространственное распределение этого гидроида в заметной степени повторяет таковое *H. arctica*. Еще больше отличается распределение *J. marmorata* (основной максимум на днище перед вторым поворотом), а абсолютно непохожим является размещение *A. improvisus* (наибольшие биомассы на правой стенке ближе к середине тоннеля и в начале второго поворота, рис. 2-17, *u*). Следует подчеркнуть, что все основные максимумы биомассы рассматриваемых животных, а также, в большинстве случаев, ее дополнительные максимумы статистически значимы, о чем свидетельствуют значения стандартной ошибки средней биомассы (табл. 2-5).

Таким образом, разные виды прикрепленных или ведущих оседлый образ жизни животных существенно дифференцированы по отношению к физическим условиям, создаваемым в тоннеле движущейся водой. Так, *M. trossulus* скапливается в области, где следует ожидать наиболее благоприятных условий для седиментации – пассивного выпадения частиц взвеси на дно под действием гравитации и в зависимости от гидравлической крупности. *B. rostratus*, *Potamilla sp.*, *B. pacifica* и *O. longissima* достигают максимального обилия в областях усиления касательных напряжений (поджатие линий тока к поверхности стенки, уменьшение толщины вязкого подслоя придонного пограничного слоя, рост частоты проникновения в него микровихрей из соседних слоев, увеличение вероятности возникновения микровихревых структур при взаимодействии с шероховатостью стенки) и водоворотной зоне (рециркуляция потока). При этом *O. longissima*, с одной стороны, и *B. rostratus*, *Potamilla sp.*, *B. pacifica*, с другой, как бы расходятся по степени гидродинамического «искажения» потока. *H. ezoensis*, *C. cristibrachium* и *J. marmorata* распределены так, как будто бы одновременно действуют оба фактора (седиментация и «искажение»). Максимумы биомассы *B. improvisus* также приходятся на области некоторого увеличения (по сравнению с левой стенкой) касательных напряжений за счет действия силы Кориолиса.

Механизм такой дифференциации до настоящего времени полностью не исследован. Скорее всего, он обусловлен особенностями размножения и биологическими свойствами личиночных стадий каждого конкретного вида животных. Так,

Таблица 2-5

Сравнение биомасс наиболее массовых видов-образователей в точках ее максимумов на днище и стенках второго водозаборного тоннеля с их средней биомассой

Вид	Точки основного и дополнительных максимумов	Биомасса, г/м ²	Средняя биомасса без учета максимумов, г/м ²	Средняя ошибка биомассы в точке*, г/м ²
<i>M. trossulus</i>	B3 B7	28000 5460	4845,7	275,9 (39,5)
<i>J. marmorata</i>	B6 R3 L4	180 82 25	6,0	72,1 (22,7)
<i>O. longissima</i>	R8 R3 L4	210 5 2	0,9	0,5 (30,5)
<i>B. rostratus</i>	R3 L3 R8 L9	2650 2460 1860 1640	361,7	190,7 (16,5)
<i>H. ezoensis</i>	B6 L3 R3	20 13 10	4,2	4,6 (43,1)
<i>Potamilla sp.</i>	R3 R7 L3	30 28 21	1,7	0,6 (48,8)
<i>C. cristibrachium</i>	B9 R8 L3 R3	70 55 32 23	1,7	16,3 (18,0)
<i>H. arctica</i>	R8 L4	10 2	0,2	0,1 (40,0)
<i>B. improvisus</i>	R6 R4 R9	160 140 30	3,1	2,6 (17,2)
<i>B. pacifica</i>	R3 L3 R8	20 15 5	1,0	0,1 (20,0)

*Определена для первого тоннеля по биомассе животных в пробах, бравшихся в 3 повторностях, и усреднена для всего тоннеля; в скобках – проценты от средней биомассы для первого тоннеля.

у *O. longissima* наряду с половым размножением существует еще и вегетативное при помощи фрустул – образования особых отростков, похожих на планулы, но покрытых тонким перисарком и неподвижных [Иванова-Казас, 1977; Макаренкова и др., 1985; Марфенин, 1993 б]. Попав на субстрат, фрустула тут же прилипает и начинает расти за счет своих клеточных запасов, образуя стolon, на котором вскоре возникает побег. Под действием потока побеги обелии сильногибаются и могут прижиматься к субстрату, в результате чего отделившиеся фрустулы попадают непосредственно в пограничный слой, где по системе вихрей переносятся в

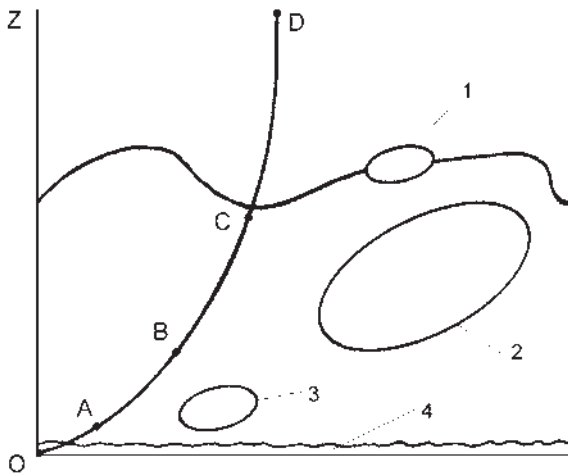


Рис. 2-18. Структура турбулентного пограничного слоя (по: [Гринвальд, Никора, 1988]): *OA* – вязкий подслой, $0 \leq z u/V \leq 7$; *AB* – переходный слой, $7 \leq z u/V \leq 30$; *BCD* – логарифмический и внешний слой; *1* – мелкие структуры на верхней границе с не турбулентным течением, являющиеся частью более крупных структур; *2* – более крупные структуры логарифмического слоя, размеры которых соизмеримы с толщиной пограничного слоя; *3* – структуры переходного слоя (всплески, выбросы); *4* – когерентные структуры вязкого подслоя

условиях, на течении, и что заставляет их в этом случае прикрепляться – неизвестно. Может быть, это чисто стохастический процесс (больше контактов с субстратом – больше осевших личинок) или же микровихревые движения каким-то образом раздражают личинок, заставляя их осесть (напрашивается антропоморфическое сравнение с поведением человека в общественном транспорте при равномерном его движении и при частых рывках, торможениях и ускорениях). Известно, что циприсы стремятся прикрепиться и пройти метаморфоз при наступлении любых неблагоприятных условий: при помещении их в настои ядов, повышении температуры воды, дефиците в ней кислорода, сильных механических раздражителях, очень длительном пребывании личинок в планктоне и т.п., но только в условиях некоторой подвижности воды [Рудякова, 1981]. Например, при выпуске циприсов из стеклянной пипетки, т.е. при их сильном механическом раздражении, личинки оседали в ее самой узкой части – носике (где поток ускоряется), а в сосудах с неподвижной водой оседания не происходило [Ржепишевский, Уарова, 1978].

Наиболее вероятной причиной дифференциации представляется расхождение видов по градиенту касательного напряжения, создаваемого потоком вдоль обтекаемой поверхности. При его максимальных значениях на субстрате остаются наиболее крепко прикрепляющиеся личинки, а при последовательном его сни-

место оседания. Вероятно, такая передача личинок от вихря к вихрю обеспечивает и сближение с субстратом планул этого гидроида, а также личинок других животных (циприсов усоногих, трохофор полихет и т.д.). Схематическое изображение микроструктуры придонного (пристеночного) пограничного слоя представлено на рис. 2-18.

Поведение как планул гидроидов, так и циприсовидных личинок усоногих вблизи субстрата достаточно сложное [Найт-Джонс, Мойз, 1964; Марффенин, Косевич, 1984]: по крайней мере, в лабораторных условиях и те и другие неоднократно сближаются с субстратом, как бы выбирают место будущего прикрепления, ощупывая (или обнюхивая?) его (планулы – передним концом тела, циприсы – антеннулами). Возможно ли такое поведение этих личинок в реальных

жении – все менее и менее устойчивые (рис. 2-19). В качестве причины различий в распределении разных видов баланоидей Ржепишевский с соавторами [1967] выдвигают различия в сдвигающей скорости и прочности прикрепления к субстрату. Иллюстрацией справедливости такого предположения служит распределение *B. rostratus*, *A. improvisus* и *O. longissima* вдоль правой стенки водозаборного тоннеля (рис. 2-17, 2-19). При этом области поселения организмов с высокой

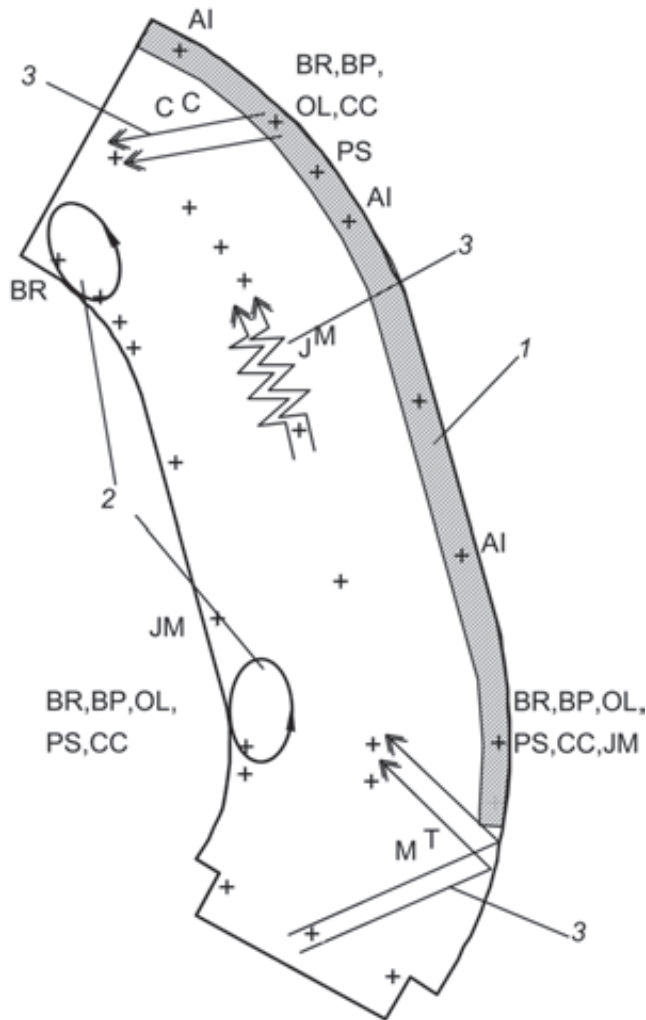


Рис. 2-19. Схематическое изображение расселения и перераспределения массовых и субстратообразующих видов на стенках и дне водозаборного тоннеля под воздействием гидродинамического «искажения» потока и седиментации: *AI* – *A. improvisus*, *BP* – *B. pacifica*, *BR* – *B. rostratus*, *CC* – *C. cristibrachium*, *JM* – *J. marmorata*, *MT* – *M. trossulus*, *OL* – *O. longissima*, *PS* – *Potamilla* sp.; 1 – область «расхождения» видов по силе касательного напряжения; 2 – водоворотные зоны; 3 – седиментация и перераспределение личинок, молоди и взрослых особей. Пояснения в тексте

устойчивостью должны перекрывать места поселения видов с относительно малой прочностью прикрепления, что и наблюдается на стенках тоннеля.

Другим доказательством могут служить остроумные опыты Л. Муллине с коллегами [Mullineaux, Butman, 1990, 1991; Mullineaux, Garland, 1993]. Авторы изучали оседание личинок ряда беспозвоночных в лотках и естественных условиях на пластины, манипулируя структурой пограничного слоя с помощью изменения формы их краевых частей, обращенных к набегающему потоку (рис. 2-20). Прикрепление личинок, например циприсов *B. amphitrite*, вдоль пластин сильно коррелировало с градиентом касательного напряжения. Вначале циприсы входили в контакт с пластинами в областях наиболее интенсивной адвекции потока к их поверхности (область отрыва потока и развития вихря), а затем совершали поисковые движения вдоль пластин, выбирая место для поселения и прикрепляясь в областях относительно низких величин сдвига. В экспериментах реакции личинок на условия движения воды были строго видоспецифичны [Mullineaux, Garland, 1993]. Планулы гидроида *Tubularia crocea* отдавали предпочтение областям, где одновременно были высоки и интенсивность турбулентности и касательные напряжения, а личинки мшанки *Schizoporella unicornis* прикреплялись почти исключительно при больших напряжениях сдвига. Личинки другой мшанки *Bugula turrita* поселялись преимущественно в областях пониженного касательного напряжения, а трохофоры трубкостроящей полихеты *Hydroides dianthus* – из-

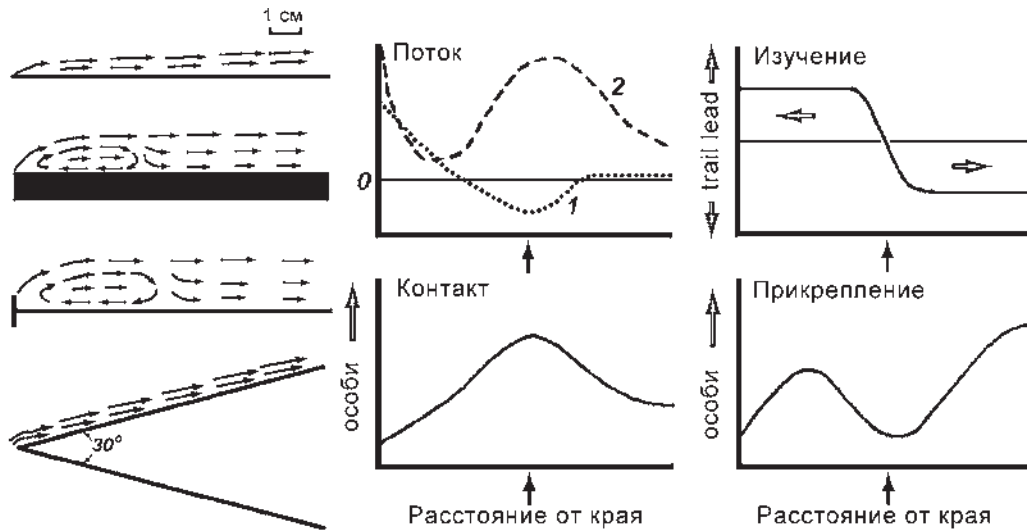


Рис. 2-20. Качественные диаграммы линий тока в пограничном слое вдоль четырех типов пластин, использовавшихся в экспериментах по оседанию личинок (слева, по: [Mullineaux, Garland, 1993]) и схематическое изображение изменения величин адвекции (1) и касательного напряжения (2), а также поведения циприсов *B. amphitrite* вдоль экспериментальной пластины (в середине и справа, по: [Mullineaux, Butman, 1991]). Точка отрыва потока отмечена жирной стрелкой. Контакт – частота начального контакта циприсов. Изучение – расстояние, на которое переместились циприсы к переднему (*lead*) или заднему (*trail*) краям пластины; стрелки указывают направление движения относительно потока. Прикрепление – число личинок, осевших за 48 часов

бегали только области его экстремальных значений. Подобные результаты были получены Дж. Экманом и Д. Даггинзом [Eckman, Duggins, 1998] в трубах у ряда видов баланусов, мидий *M. trossulus*, мшанки *Tubulipora* sp., сидячих полихет *Pseudochitinopoma occidentalis* и *Eupolymnia heterobranchia*.

В водоворотной зоне, развивающейся в тоннеле по левой стенке сразу за первым поворотом, складывается несколько иная ситуация. Личинки животных, попадая в эту область, на какое-то время задерживаются здесь и рециркулируют, неоднократно проходя над поверхностью стенки под воздействием вихревых структур несопоставимо большего пространственно-временного масштаба, чем вблизи субстрата. Поскольку общее основное направление потока в тоннеле ориентировано с юга на север, циркуляция воды в водоворотной зоне происходит против часовой стрелки. При циклоническом вращении вихри постоянно мигрируют внутри водоворотной зоны, то сближаясь, то удаляясь от стенки на некоторое расстояние, а выходя за нее – отрываются и уносятся вниз по течению. Сближение циклонического вихря со стенкой имеет два следствия. Во-первых, на короткое время на стенке возрастают касательные напряжения, что приводит к дополнительной турбулизации вязкого подслоя. Во-вторых, центробежная сила, создавая аддитивный момент, заставляет личинок двигаться от центра к периферии вихря, что при прохождении потока вблизи стенки способствует их сближению с ее поверхностью.

Следует подчеркнуть, что прикрепившийся организм увеличивает шероховатость поверхности и начинает оказывать влияние на микроструктуру набегающего потока, которое усиливается с его ростом и увеличением размеров. Поэтому вероятность оседания вблизи него должна возрастать, что ведет к увеличению плотности поселения и как следствие – степени агрегированности. В свою очередь, это еще в большей степени интенсифицирует микромасштабную турбулентность и соответственно увеличивает благоприятность условий для поселения и существования здесь гидробионтов. Таким образом, малые начальные изменения среды могут привести в конечном итоге к значительным последствиям, которые выражаются в нашем случае в пятнистости распределения донного населения.

Естественно, рассматриваемая гипотеза не исчерпывает всего многообразия влияния силы и характера движения воды на организмы и их личиночные стадии, что в водозаборном тоннеле проявляется в распределении *M. trossulus*, *J. marmorata*, *C. cristibrachium* и *H. ezoensis* (рис. 2-19). Максимумы биомассы и плотности поселения, отмеченные у этих животных на днище тоннеля, свидетельствуют о большой вероятности пассивного выпадения (седиментации) их личинок или взрослых особей.

В процессе метаморфоза в толще воды, т.е. перед оседанием на субстрат, у мидий появляется утяжеленная раковинка и полностью или частично утрачивается приспособление для парения (парус). Это приводит к тому, что их личинки опускаются на дно, какое-то время перекатываются по нему течением или иногда проплывают над ним, пока не выделяется биссус [Воскресенский, 1948; Милейковский, 1965]. Следовательно, оседание личинок мидий, являясь в значительной степени пассивным процессом (седиментацией), возможно только при условиях уменьшения скорости течения ниже некоего порогового значения, определяемо-

го гидравлической крупностью их раковин, или наличия на субстрате каких-либо выступов (шероховатости), которые препятствовали бы их переносу. Кроме того, уже прикрепившиеся особи, с раковиной длиной несколько миллиметров, способны отрываться и некоторое время дрейфовать в толще воды, меняя первоначальный биотоп [Брыков и др., 2000; Семенихина и др., 2000].

Поэтому преобладание *M. trossulus* в обрастании днища тоннеля вполне закономерно, также как существенный рост количества мидий в области его первого поворота (до 15, 16 и даже 28 кг/м² в точках *B2*, *R2* и *B3* соответственно) и градиент их биомассы и плотности от правой стенки (*R2*) к днищу (*B3*). Последнее, учитывая винтообразное движение потока, происходит из-за того, что в область *B3* будут попадать не только особи, «выпадающие» из потока, но и те, которые уже закреплялись на правой стенке (где для них имелся готовый субстрат – домики баланусов), но были оторваны течением (область наиболее существенного роста касательного напряжения, рис. 2-17, 2-19). В целом пассивное осаждение и последующее перераспределение – характерная особенность личинок и молоди многих двустворчатых моллюсков. Это было неоднократно показано в экспериментальных (лотковых) и естественных условиях [Rankin et al., 1994; Miron et al., 1995; Roegner et al., 1995; Pearce et al., 1998; Dunn et al., 1999; Gulmann et al., 2001; Crimaldi et al., 2002; Hunt, Mullineaux, 2002]*.

Роль седиментации, наряду с влиянием гидродинамического «искажения» потока, отчетливо прослеживается и в распределении *J. marmorata*, *C. cristibrachium* и *H. ezoensis*. Так, распределение *C. cristibrachium* с максимумом в конце тоннеля на днище и высокой плотностью на правой стенке в области второго поворота имеет отчетливое сходство с распределением мидии в нижней части тоннеля, вплоть до подобия изгибов изолиний биомассы (рис. 2-17). Очевидно, особи *C. cristibrachium* срываются потоком с колоний *O. longissima*, на которых они обитают и скопление которых приурочено к точке *R8*, и оседают на дно, переместившись течением на некоторое расстояние в соответствии с его штопорообразным движением и своей гидравлической крупностью (рис. 2-19). Особи *J. marmorata*, по-видимому, срываются с потолка (где достигают наибольшей плотности поселения) на границе заполнения либо вследствие волновых возмущений, либо из-за длительного осушения, связанного с технологическими режимами снабжения водой теплоэлектростанции, и падают на дно, также дрейфуя некоторое время с потоком воды.

2.3. МЕЙОФАУНА СООБЩЕСТВ ОБРАСТАНИЯ

Мейофауна (совокупность животных, проходящих сквозь сито с ячейей 1 мм) является полноправным компонентом любого сообщества гидробионтов. Плотность поселения мейобентоса в целом на два-три порядка (псевдомейобентоса – представителей макрофауны на ранних стадиях своего развития – на порядок)

*Из этого правила все же имеются исключения – личинки ряда двустворчатых моллюсков до некоторой степени способны избегать оседания на неудобных, например сильно заиленных, грунтах [Bachelet et al., 1992; Grassle et al., 1992 a; Snelgrove et al., 1993, 1998].

превышает таковую макробентоса, а биомасса, особенно на больших глубинах, сопоставима с биомассой макробентических форм. Через мейобентос (и через мейофауну обрастания) проходит значительная часть энергетического потока экосистем, поскольку он играет большую роль в деструкции органического вещества, способствуя увеличению продуктивности моря [Гальцова, 1991].

В большинстве современных трудов, посвященных морскому обрастанию, о мейофауне нет сведений вообще, гораздо больше внимания в них уделяется бактериально-диатомовой пленке [Зевина, 1972; Резниченко и др., 1976; Рудякова, 1981; Раилкин, 1998; Marine biodeterioration, 1984]. В крупнейшей монографии американских авторов Вудс-Холского океанографического института [Marine fouling ..., 1952] отмечается только, что в обрастании были обнаружены фораминиферы и остракоды. В монографии Г.Б. Зевиной [1994] мейофауне обрастания посвящен один абзац. Лишь в работе китайских исследователей З. Ханга и Р. Кай [Huang, Cai, 1984] приведена информация о качественном составе и количественных характеристиках мейофауны обрастания. В серии работ В.В. Гальцовой и О.Н. Павлюк [1987; 1993; 1994; и др.] описана мейофауна обрастания садков на установках марикультуры в зал. Петра Великого.

В обрастании системы охлаждения ВТЭЦ-2 зарегистрированы все основные группы мейофауны, численные характеристики и состав которой сильно варьировали в зависимости от субстрата, которым являются сообщества макрообрастания, и конкретного объекта исследуемого гидротехнического сооружения (прил. 1, табл. 10). Всего были обнаружены представители 11 групп псевдо- и 6 – эвмейофауны.

В составе мейофауны всех без исключения объектов системы охлаждения ВТЭЦ-2 преобладали представители эвмейофауны (в среднем 74,9 %, пределы изменения от 60,2 до 96 % соответственно в водозаборном тоннеле № 2 и сбросном канале) (прил. 1, табл. 10). Среди групп эвмейофауны доминировали в основном фораминиферы, гарпактициды и нематоды (соответственно 29, 25 и 20 % от общей численности мейофауны), а среди псевдомейофауны – разноногие ракообразные* (7 %) и двустворчатые моллюски (5 %; рис. 2-21).

Общая плотность поселения мейофауны составляла в среднем $64 \cdot 10^3$ экз./м². Максимальная ее численность была обнаружена на старом водозаборе и превышала $12 \cdot 10^4$ экз./м², минимальная – на защитной сетке ($< 25 \cdot 10^3$ экз./м²). Наибольшая плотность поселения псевдомейофауны ($> 28 \cdot 10^3$ экз./м²) наблюдалась в водозаборном тоннеле № 2, наименьшая – в сбросном канале ($< 12 \cdot 10^2$ экз./м²). Эвмейофауна была максимально обильна, как и мейофауна в целом, в обрастании старого водозабора ($> 11 \cdot 10^4$ экз./м²), а минимальна – на защитной сетке ($< 16 \cdot 10^3$ экз./м²).

Численность псевдомейобентоса не связана статистически значимо с общей биомассой макрообрастателей (коэффициент корреляции $r = -0,147$, $p = 0,220$). Слабая значимая корреляция проявляется у общей численности мейобентоса ($r = 0,290$, $p = 0,014$) и более заметная – у плотности эвмейобентоса ($r = 0,438$, $p = 0,000$), а среди отдельных его групп – у фораминифер ($r = 0,588$, $p = 0,000$).

Псевдомейофауна обрастания стенки *старого водозабора* представлена 8 группами, из которых максимальные количественные показатели отмечены у раз-

* Здесь и далее: без морских козочек (капреллид), которые рассматриваются отдельно.

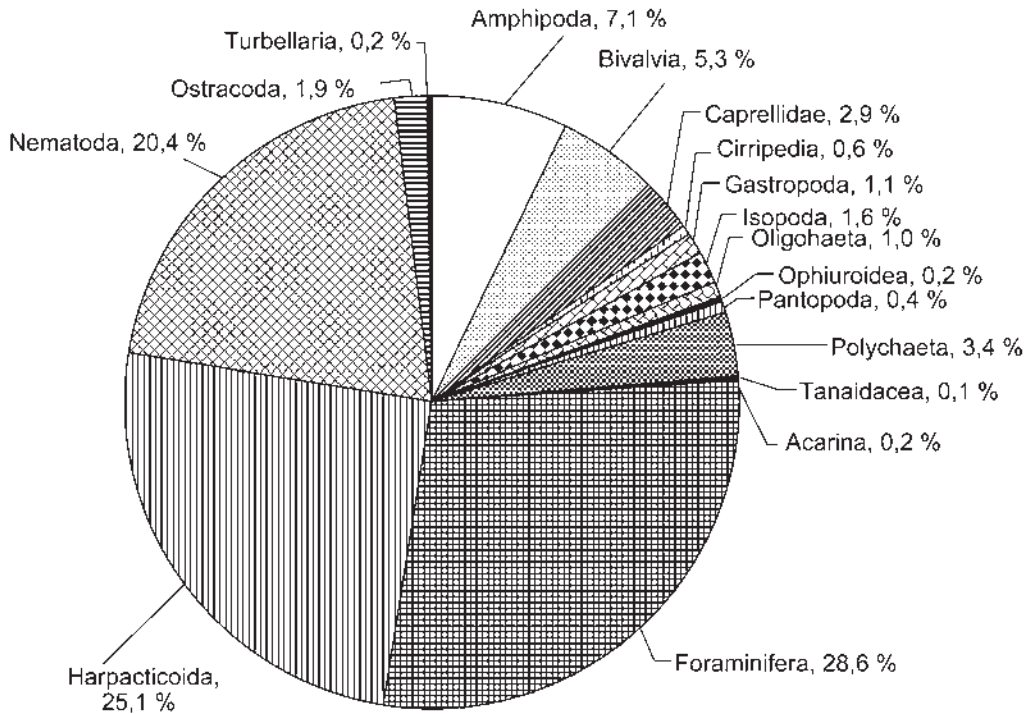


Рис. 2-21. Состав мейофауны обрастания системы охлаждения ТЭЦ-2 г. Владивостока

ноногих и равноногих раков, а также многощетинковых червей (рис. 2-22; прил. 1, табл. 10). Распределение общей плотности поселения по глубинам весьма неравномерно и колеблется в пределах от $11 \cdot 10^2$ до почти $20 \cdot 10^3$ экз./м² на глубинах 0,5 и 2 м – соответственно в сообществах *H. ezoensis* и *M. modiolus*. Основу псевдомейофауны на глубине 0,5 м составляют амфиподы, остальные группы представлены в небольшом количестве. На глубине 1 м возрастает роль полихет и брюхоногих моллюсков, на 2-метровой отметке к ним добавляются равноногие раки. Ниже этого уровня плотность поселения псевдомейофауны уменьшается, но на глубине 4 м отмечен скачок плотности поселения молоди двустворчатых моллюсков.

Эвмейофауна обрастания водозабора представлена 5 группами; ее основу по плотности поселения составляют фораминиферы, гарпактициды и нематоды (рис. 2-22; прил. 1, табл. 10). На глубине 0,5 м встречены в основном гарпактициды, глубже общая плотность поселения эвмейофауны увеличивается вплоть до 4 м, где заметно возрастает роль нематод, и вновь снижается в придонной части стенки водозабора.

На *нурсе* обнаружено 10 групп псевдо- и 6 – эвмейофауны (прил. 1, табл. 10). Псевдомейофауна у уреза воды и на глубине 0,5 м соответственно в сообществах *A. improvisus* и *H. ezoensis* немногочисленна, преобладают разноногие раки; менее обильна, но все же заметна, молодь баланусов (рис. 2-23; прил. 1, табл. 10). Псевдомейофауна достигает максимальной численности на глубине 1 м в сообще-

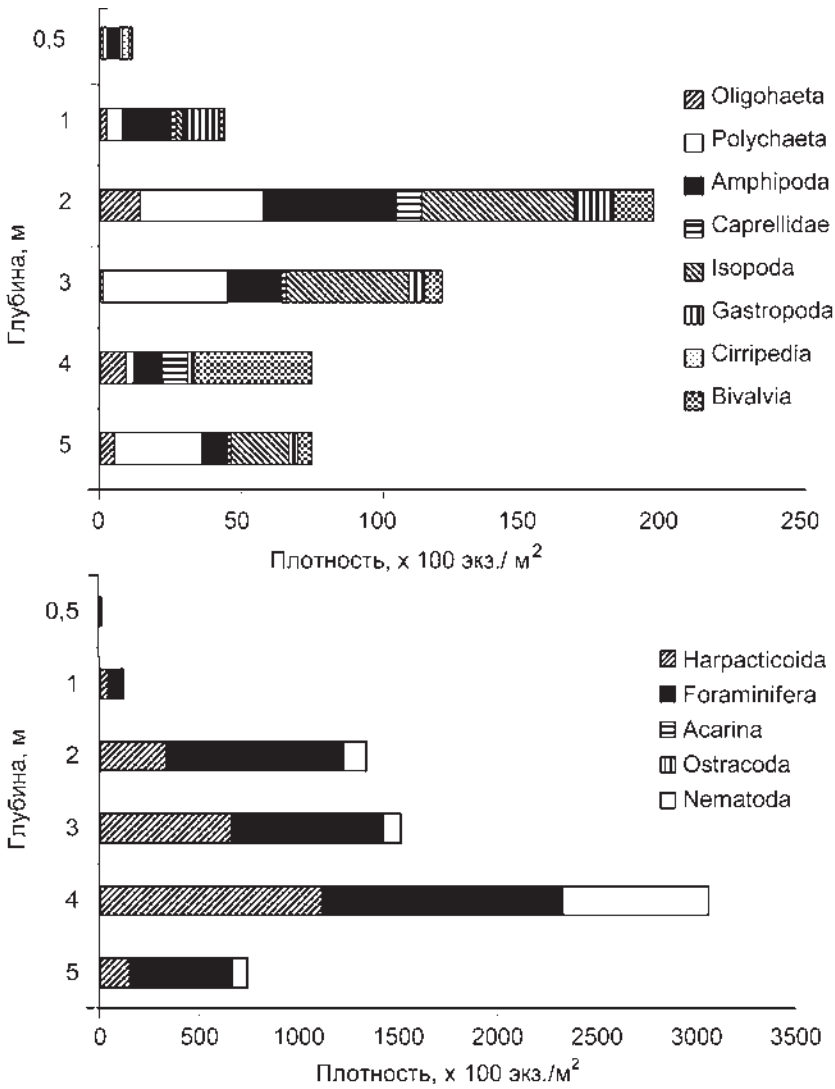


Рис. 2-22. Состав и распределение по глубинам плотности поселения основных групп мейофауны сообществ обрастания старого водозабора (верхний график – псевдомейофауна, нижний – эвмейофауна)

стве *B. rostratus*, где преобладают многочетинковые черви, амфиподы и в меньшей степени заметны морские козочки и двустворчатые моллюски. На глубине 2 м в сообществе *M. senile* + *S. clava* плотность поселения псевдомейофауны вновь резко, почти до уровня горизонта 0,5 м, снижается (преобладают амфиподы и капреллиды) и опять возрастает на глубине 3 м в сообществе *B. rostratus*, где абсолютно доминируют разноногие ракообразные.

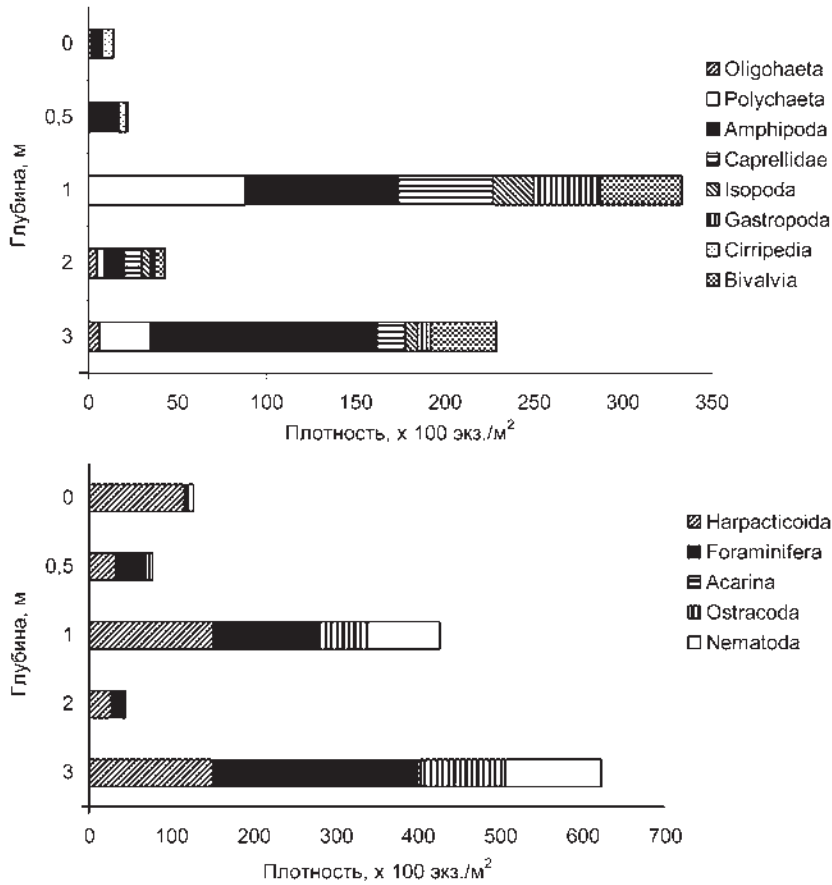


Рис. 2-23. Состав и распределение по глубинам плотности поселения основных групп мейофауны сообществ обрастания пирса в водозаборном ковше (верхний график – псевдомейофауна, нижний – эвмейофауна)

Изменения плотности поселения эвмейофауны в целом повторяют таковые молоди более крупных животных (рис. 2-23; прил. 1, табл. 10). Различие заключается в том, что обилие эвмейофауны минимально в сообществе *M. senile* + *S. clava*, а само падение численности на глубине 2 м выражено отчетливее, численность на глубине 0,5 м меньше, чем у уреза воды, и плотность на горизонте 3 м несколько выше, чем на 1-метровом. У уреза воды, как и на стенке старого водозабора, абсолютно доминируют гарпактициды; на глубинах 0,5 м и более адекватный вклад вносят фораминиферы (у дна – преобладающий). В целом для сообщества *B. rostratus* характерна более чем заметная роль остракод и нематод.

На *дамбе*, как и на пирсе, найдено 10 групп псевдо- и 6 – эвмейофауны (прил. 1, табл. 10). Общая численность псевдомейофауны минимальна у уреза воды в сообществе *Ch. dalli*, возрастает с глубиной до 3 м (сообщество *B. rostratus*), а затем вновь снижается (рис. 2-24; прил. 1, табл. 10). В сообществе *Ch. dalli* среди других

представителей псевдомейофауны доминирует молодь усонюгих раков. В сообществе *U. fenestrata* + *N. alveolata* (0,5 м) преобладают амфиподы, а в сообществе *B. rostratus* столь явного доминанта не найдено и заметен вклад сразу нескольких групп – молоди двустворчатых моллюсков, амфипод, полихет, в меньшей степени – олигохет, равноногих и усонюгих раков, капреллид и змеехвосток.

Эвмейофауна, как и молодь макрообрастания, наименее обильна у уреза воды (рис. 2-24; прил. 1, табл. 10). Затем ее численность возрастает почти в 5 раз к 0,5 м, меняясь глубже незначительно, за исключением резкого, не менее чем двукратного «выброса» на горизонте 2 м. У уреза воды, как обычно, доминируют гарпактициды, роль которых велика на всех глубинах, где к ним добавляются (в сопоставимом масштабе) фораминиферы (в сообществах ульвы и *B. rostratus*) и нематоды (в сообществе *B. rostratus*).

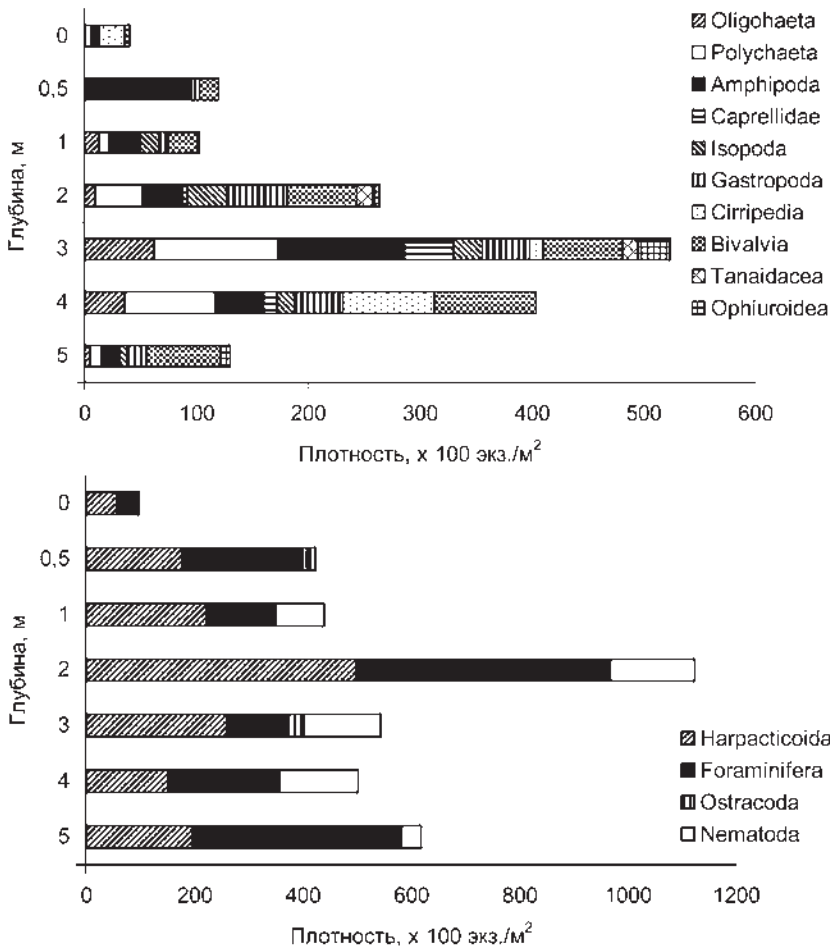


Рис. 2-24. Состав и распределение по глубинам плотности поселения основных групп мейофауны сообществ обрастания дамбы (верхний график – псевдомейофауна, нижний – эвмейофауна)

На *решетках грубой очистки* обнаружено 7 групп псевдо- и 4 – эвмейофауны (прил. 1, табл. 10). Псевдомейофауна наименее обильна в группировке двухлетней *M. trossulus* и достигает максимальной численности в сообществе *C. gigas* + *B. rostratus* (рис. 2-25). Плотность поселения псевдомейофауны в остальных сообществах макрообрастания примерно одинакова с некоторым снижением численности в сообществах *B. rostratus* и *B. rostratus* + *C. gigas*. Почти во всех сообществах макробентоса среди молодежи животных преобладали амфиподы, за ис-

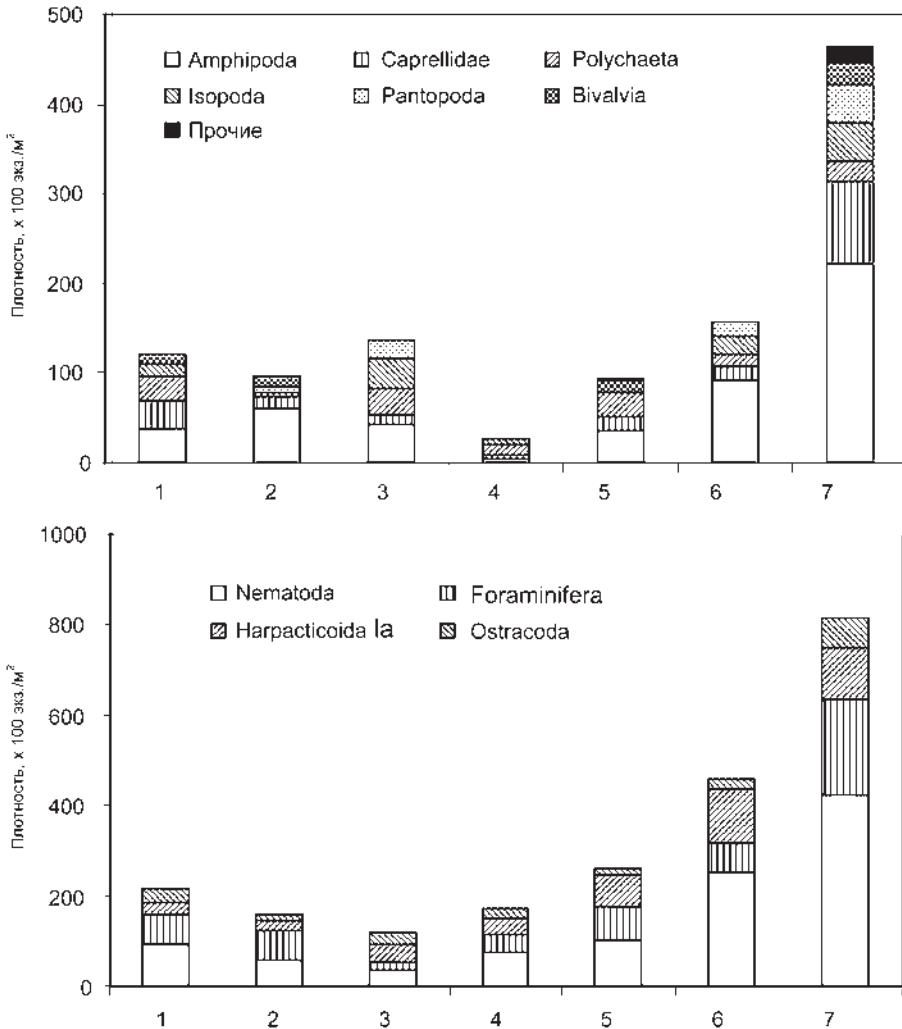


Рис. 2-25. Вариации численности основных групп псевдо- (вверху) и эвмейофауны (внизу) в сообществах макрообрастания решетки грубой очистки на разных стадиях сукцессии: 1 – сообщество *B. ramosa* + *C. grayanus*; 2 – сообщество *B. rostratus*; 3 – ассоциация сеголеток *M. trossulus*; 4 – ассоциация двухлеток *M. trossulus*; 5 – сообщество *B. rostratus* + *C. gigas*; 6-7 – сообщество *C. gigas* + *B. rostratus*

ключением сообщества двухлетней *M. trossulus*, где явно доминировали полихеты, которые были весьма заметны и в других группировках. Существенную роль играли также равноногие раки, капреллиды, меньшую – молодь двустворчатых моллюсков и морских пауков.

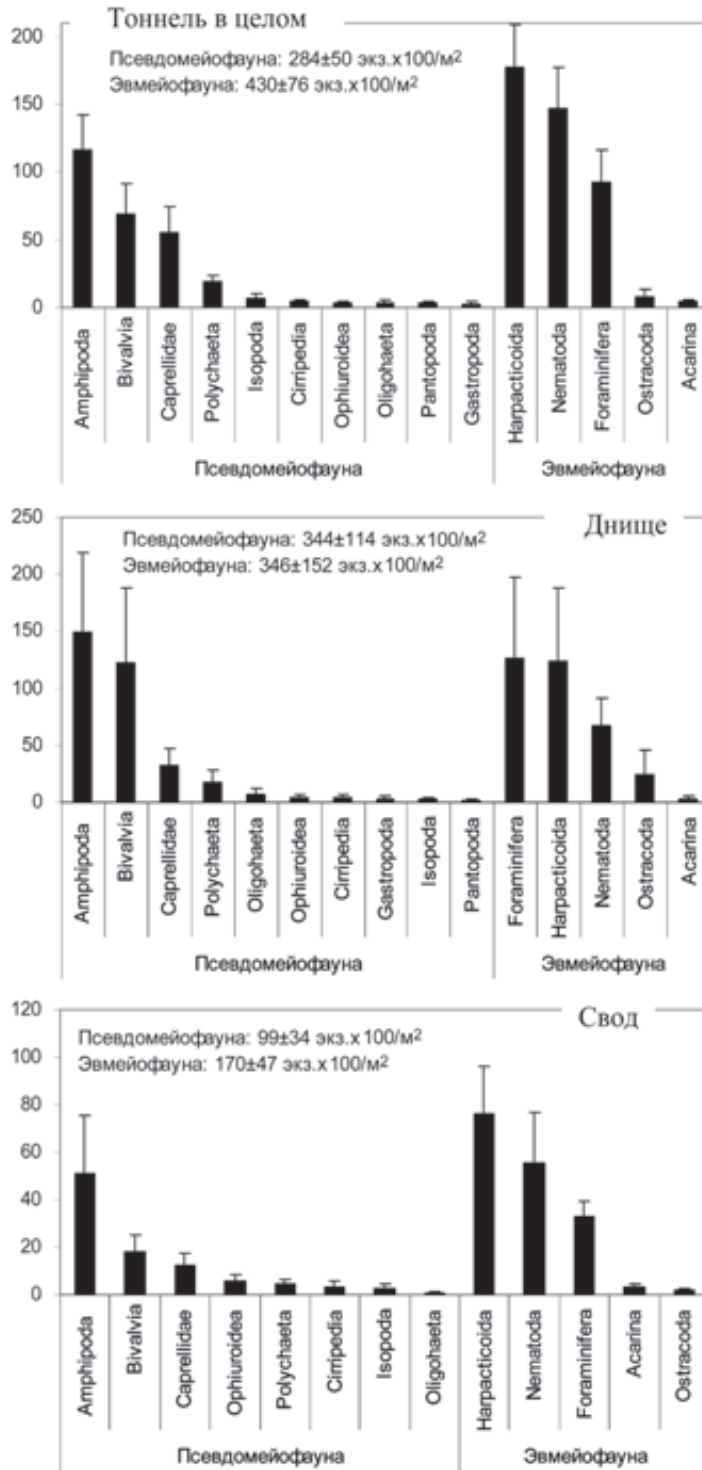
Плотность поселения эвмейофауны возрастает в ряду: группировка сеголетних *M. trossulus* – сообщество *C. gigas* + *B. rostratus*, где она, как и молодь животных, достигает максимального обилия (рис. 2-25). При этом численность эвмейофауны в сообществах, находящихся на «стадии крупных быстрорастущих форм», несколько выше, особенно в сообществе *B. ramosa* + *C. grayanus*, чем в таковом сеголетних мидий. Почти во всех случаях главную роль в поселениях эвмейофауны играют нематоды, весьма заметны фораминиферы и гарпактициды, доминирующие в сообществах соответственно *B. rostratus* и мидий-сеголеток.

Вращающиеся защитные сетки. В псевдомейофауне сообщества обрастания защитных сеток (*M. trossulus*) обнаружено только три группы животных, среди которых явно доминируют двустворчатые моллюски, а вклад остальных – морских козочек и полихет – суммарно почти в 2 раза ниже (прил. 1, табл. 10). Состав эвмейофауны также беднее, чем на других объектах системы водоснабжения, а преобладают нематоды, плотность поселения которых превышает таковую фораминифер и гарпактицид соответственно в 1,7 и 3,2 раза.

Водозаборные тоннели. В тоннеле были отмечены представители 10 групп псевдо- и 5 – эвмейофауны. Среди первых преобладали амфиподы, двустворчатые моллюски и морские козочки, среди вторых – гарпактициды, нематоды и фораминиферы (рис. 2-26). Представители *Tanaidacea* и *Turbellaria*, которые обычны в других донных сообществах зал. Петра Великого, в тоннеле не обнаружены. Как и на остальных объектах системы охлаждения общая численность представителей псевдомейофауны была заметно ниже, чем эвмейофауны (284 ± 50 против 430 ± 76 экз. $\times 100/\text{м}^2$ соответственно).

Вариации обилия и состава мейофауны по периметру тоннеля. Количество и состав мейофауны заметно варьируют по периметру тоннеля (рис. 2-26). Наибольшая общая численность этих животных обнаружена на правой стенке, наименьшая – на своде (соответственно в сообществах *B. rostratus* и *J. marmorata*). Эвмейофауна достигает наибольшего обилия лишь на правой стенке, тогда как численность псевдомейофауны максимальна и примерно одинакова на днище (сообщество *M. trossulus*) и правой стенке. Количество представителей обоих подразделений мейофауны, как и всей мейофауны, минимально на своде. На днище тоннеля численность псевдо- и эвмейофауны была примерно одинакова, тогда как на остальных «топиях» тоннеля явно доминировали представители последнего подразделения.

Среди отдельных групп псевдомейофауны везде преобладали амфиподы, за ними следовали морские козочки (стенки тоннеля) и двустворчатые моллюски (днище и свод). Среди эвмейофауны на стенках и своде доминировали гарпактициды, вторыми шли нематоды, а затем фораминиферы. На днище последние занимали первое место, оттеснив гарпактицид и нематод соответственно на второе и третье места. Впрочем, численность *Foraminifera* и *Haracticoida* была здесь почти одинакова. В отличие от днища и стенок, на поверхности свода тоннеля не были обнаружены брюхоногие моллюски и морские пауки.



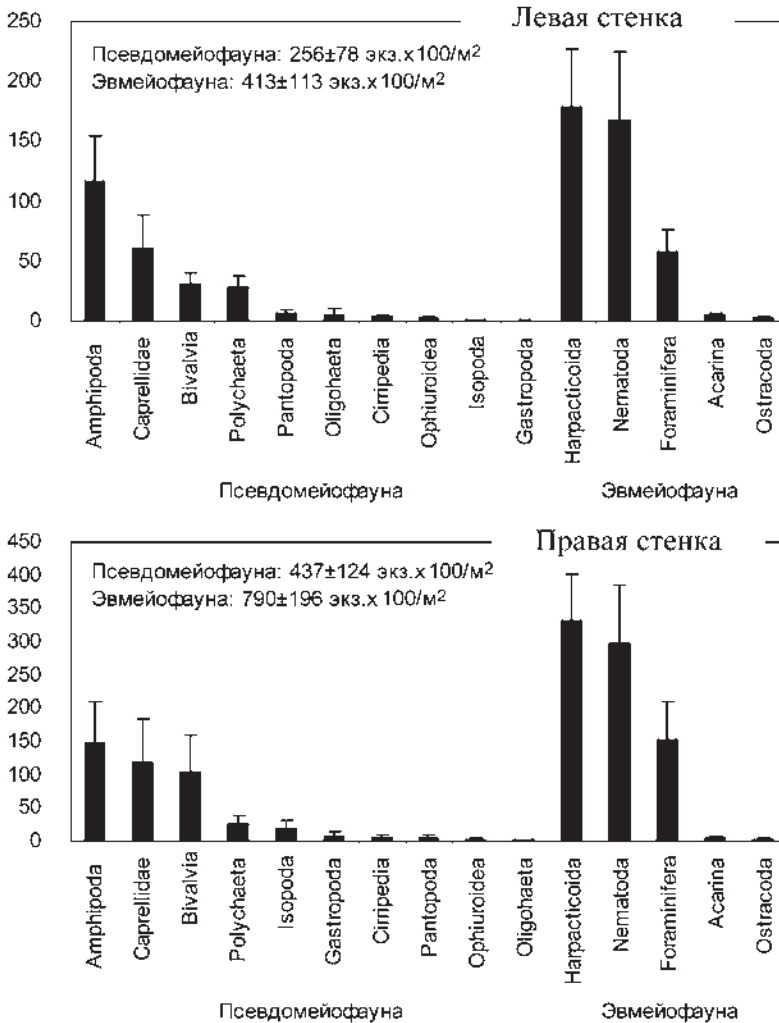


Рис. 2-26. Вариации обилия различных групп мейофауны в водозаборном тоннеле в целом и на поверхностях его топических подразделений по отдельности. Ось ординат – плотность поселения (экз. $\times 100/m^2$), вертикальные линии – ошибка репрезентативности

Изменения обилия и состава мейофауны вдоль тоннеля. Как и по периметру, численность мейофауны вдоль тоннеля также распределена неоднородно (рис. 2-27). Минимальное количество этих животных обнаружено в начале тоннеля, в области горловины стальной трубы (сечение 1), максимальное – сразу же за минимумом, на первом повороте (сечение 2). Далее численность мейофауны постепенно снижается вновь, достигая локального минимума в середине второго поворота (сечение 7), и опять несколько возрастет сразу за ним (8, 9). Изменения численностей подразделений мейофауны в целом повторяют друг друга, но

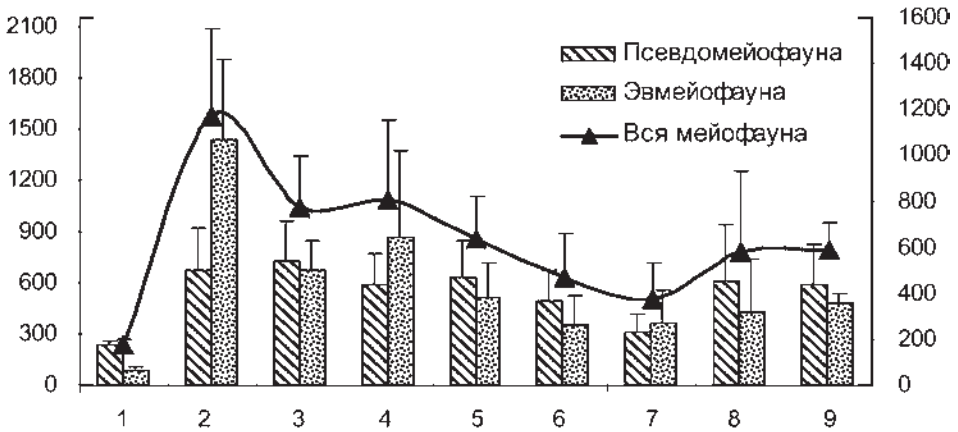


Рис. 2-27. Вариации численности мейофауны вдоль водозаборного тоннеля. Ось абсцисс – номера сечений, главная ось ординат – общая численность, дополнительная – плотности псевдо- и эвмейофауны (сотни экз./м²); вертикальные линии – ошибка репрезентивности. Здесь и далее нумерация сечений идет с юга на север (от насосной станции)

плотность поселения псевдомейофауны, по сравнению с эвмейофауной, меняется вдоль тоннеля более равномерно (рис. 2-27).

Еще более отчетливо неравномерность распределения численности как всей мейофауны, так и ее подразделений, прослеживается вдоль отдельных топических единиц тоннеля (рис. 2-28). На днище наблюдаются три максимума обилия этих животных (рис. 2-28, а). Первый из них приурочен к началу тоннеля (сечение 2), второй – к его середине (сечения 5 и 6), третий – к устью (сечение 9). Изменение численности псевдо- и эвмейофауны происходит почти синхронно, существенно различаясь лишь по амплитуде, гораздо большей у представителей эвмейофауны, чем у молоди макрообрастания. На своде тоннеля мейофауна имеет два максимума в областях окончания первого и второго поворотов (соответственно сечения 3 и 8–9; рис. 2-28, б). Как и на днище, изменения плотности поселения псевдо- и эвмейофауны в целом повторяют друг друга, только второй максимум численности псевдомейофауны приурочен к 8-му сечению, а к 9-му ее количество несколько снижается, тогда как представители эвмейофауны наиболее многочисленны в самом устье тоннеля.

На правой стенке высокая численность мейофауны отмечена в 6 из 9 точек отбора проб; абсолютный минимум приурочен к входу в тоннель (сечение 1), второй минимум наблюдается в начале второго поворота (сечение 6), а третий – в устье тоннеля (сечение 9; рис. 2-28, г). В отличие от двух максимумов обилия псевдомейофауны (соответственно сечения 2–3 и 8), распределение эвмейофауны характеризуется тремя «пиками» – в области сечений 2, 4 и 8.

Как и правая, левая стенка также характеризуется выраженной полимодальностью распределения количества мейофауны обрастания. Локальные максимумы и минимумы чередуются друг с другом почти на всем ее протяжении и лишь в

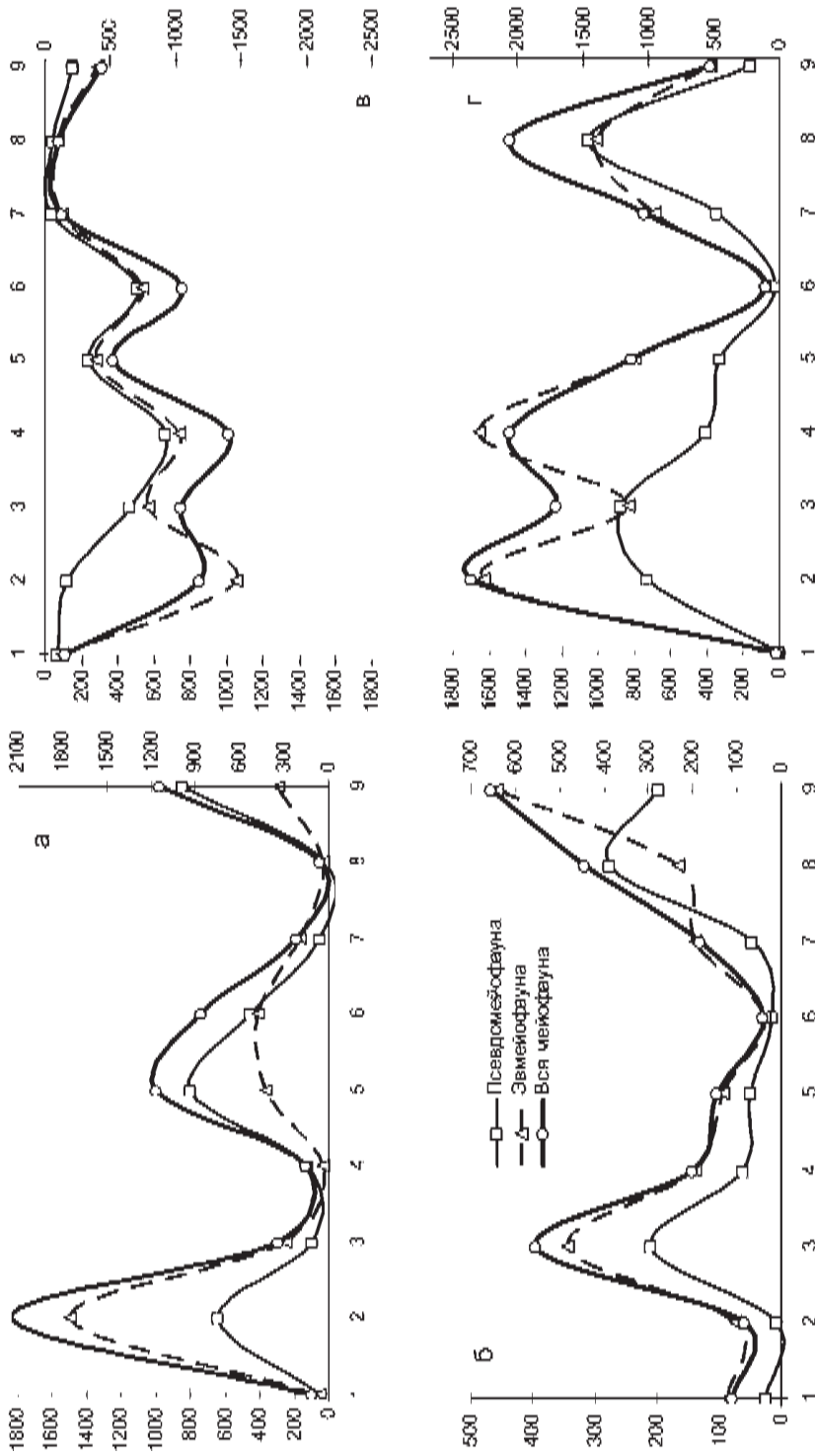


Рис. 2-28. Распределение плотности поселения (сотни экз./м²) псевдо- и эвмейофауны на поверхностях дна, свода, левой и правой стенок (и-г соответственно) водозабортного тоннеля. Ось абсцисс – номера сечений, главная ось ординат – плотности псевдо- и эвмейофауны, дополнительная – общая численность (сотни экз./м²)

начале тоннеля и в области его второго поворота (сечения 7–8) наблюдается резкое, почти до нуля, падение плотности поселения этих организмов (рис. 2-28, в). В распределении псевдомейофауны здесь, как и на правой стенке, наблюдаются два максимума (сечения 4 и 6), а в распределении эвмейофауны – три (сечения 2, 4, 6). Кроме того, некоторое увеличение численности псевдо- и эвмейофауны, как, естественно, и мейофауны обрастания в целом, отмечено и в устье тоннеля.

Вдоль тоннеля кроме численности заметно меняется и соотношение отдельных групп мейофауны (рис. 2-29). Так, первый максимум на днище примерно в равной пропорции (600–700 экз./м², около 30 % у каждой группы) был составлен фораминиферами, гарпактицидами и молодью двустворчатых моллюсков, второй и третий – преимущественно амфиподами (в обоих случаях почти по 500 экз./м², 42 и 33 %). На своде в области первого максимума преобладали гарпактициды и нематоды (134 и 161 экз./м² соответственно 24 и 29 %), а в области второго пика к ним добавились еще и амфиподы (147 экз./м², 31 % в среднем для сечений 8 и 9).

На левой стенке первый пик численности мейофауны, как и на своде, был обусловлен массовым развитием нематод и гарпактицид (535 и 475 экз./м², 46 и 40 %), второй – амфиподами, гарпактицидами, нематодами и морскими козочками (341, 297, 263 и 248 экз./м², 24, 21, 19 и 18 % соответственно), третий – гарпактицидами и амфиподами (259 и 235 экз./м², 25 и 22 %). Некоторое увеличение численности мейофауны в устье тоннеля было обусловлено относительно высокой численностью все тех же нематод, амфипод и гарпактицид (156, 115 и 112 экз./м², 35, 26 и 25 %).

Гарпактициды и нематоды доминировали в целом и на правой стенке тоннеля, играя основную роль в формировании всех трех максимумов численности мейофауны (Narctacicoidea – 400–620 экз./м² и 17–30 %, Nematoda – 582–630 экз./м² и 26–31 %). Кроме представителей этих групп существенный вклад в обилие мейофауны в области 1-го и 2-го пиков вносили фораминиферы (450 и 432 экз./м², 19 и 21 % соответственно), а в области третьего – капреллиды (640 экз./м², 31 %). В районе первого максимума весьма многочисленной была и молодь двустворчатых моллюсков (530 экз./м², 22 %).

В вариациях численности отдельных групп животных прослеживается отчетливая пятнистость, что можно проиллюстрировать данными, полученными на поверхности тоннеля, которая покрыта водой постоянно или, по крайней мере, большую часть времени, за исключением периода каких-либо профилактических работ и т.п. на стенках и днище (рис. 2-30, 2–31). При этом скопления представителей различных групп мейофауны часто приурочены к агрегациям макрообрастания (подробнее см. главу 3). Например, максимальная плотность поселения молодежи двустворчатых моллюсков довольно хорошо совпадает с областью наибольшего развития мидии *M. trossulus*, пик молодежи морских козочек – с максимумом биомассы и плотности поселения взрослых особей *C. cristibrachium* и с наибольшей биомассой гидроида *O. longissima*, на котором капреллиды обитают.

Представители отдельных групп эвмейофауны также «тяготеют» к областям массового развития макрообрастания – к правой стенке тоннеля в целом и к его поворотам (рис. 2-31). Однако в отличие от псевдомейофауны, у некоторых групп которой можно различить «привязанность» молодежи к поселениям взрослых осо-

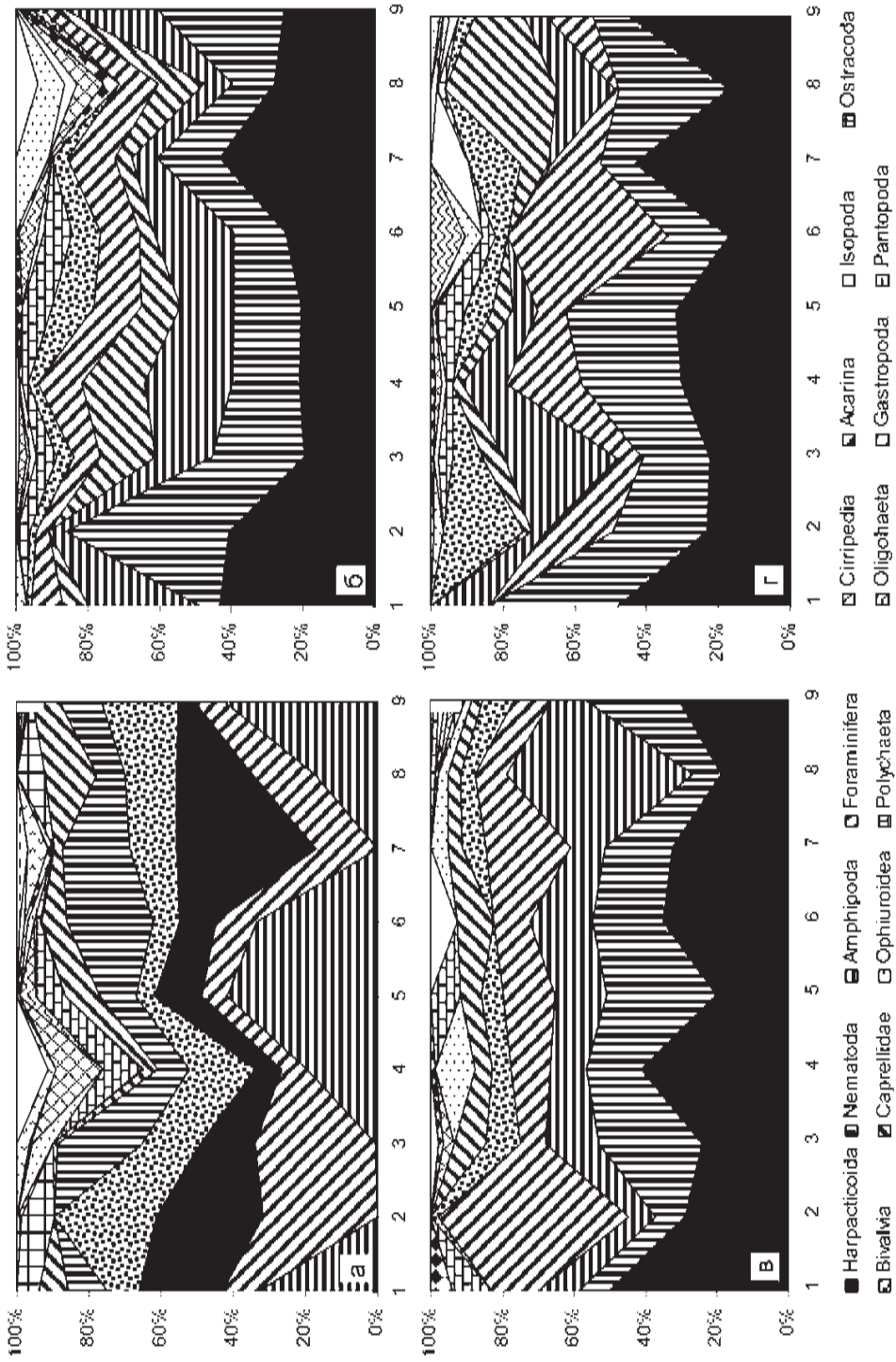


Рис. 2-29. Изменение состава мейофауны на поверхностях дна, свода, левой и правой стенок (а-г, соответственно) водозаборного тоннеля

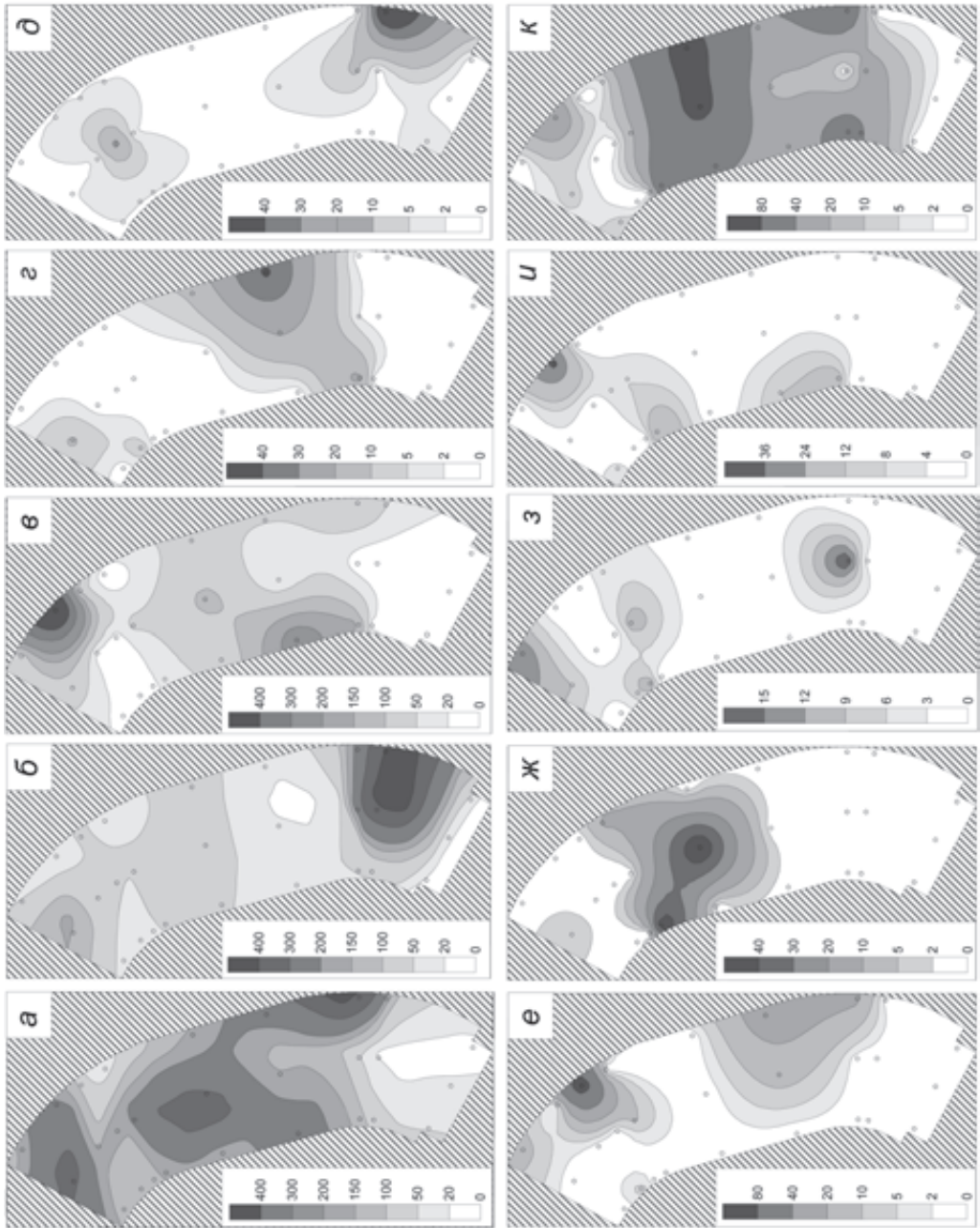


Рис. 2-30. Распределение плотности поселения различных групп псевдомейофауны на стенках и днище водозаборного тоннеля системы охлаждения ТЭЦ-2 г. Владивостока («вид сверху», сотни экз./м²): *a* – Amphipoda (без капреллид), *б* – Bivalvia, *в* – Caprellidae, *г* – Cirripedia, *д* – Gastropoda, *е* – Isopoda, *ж* – Oligochaeta, *з* – Ophiuroidea, *и* – Pantopoda, *к* – Polychaeta

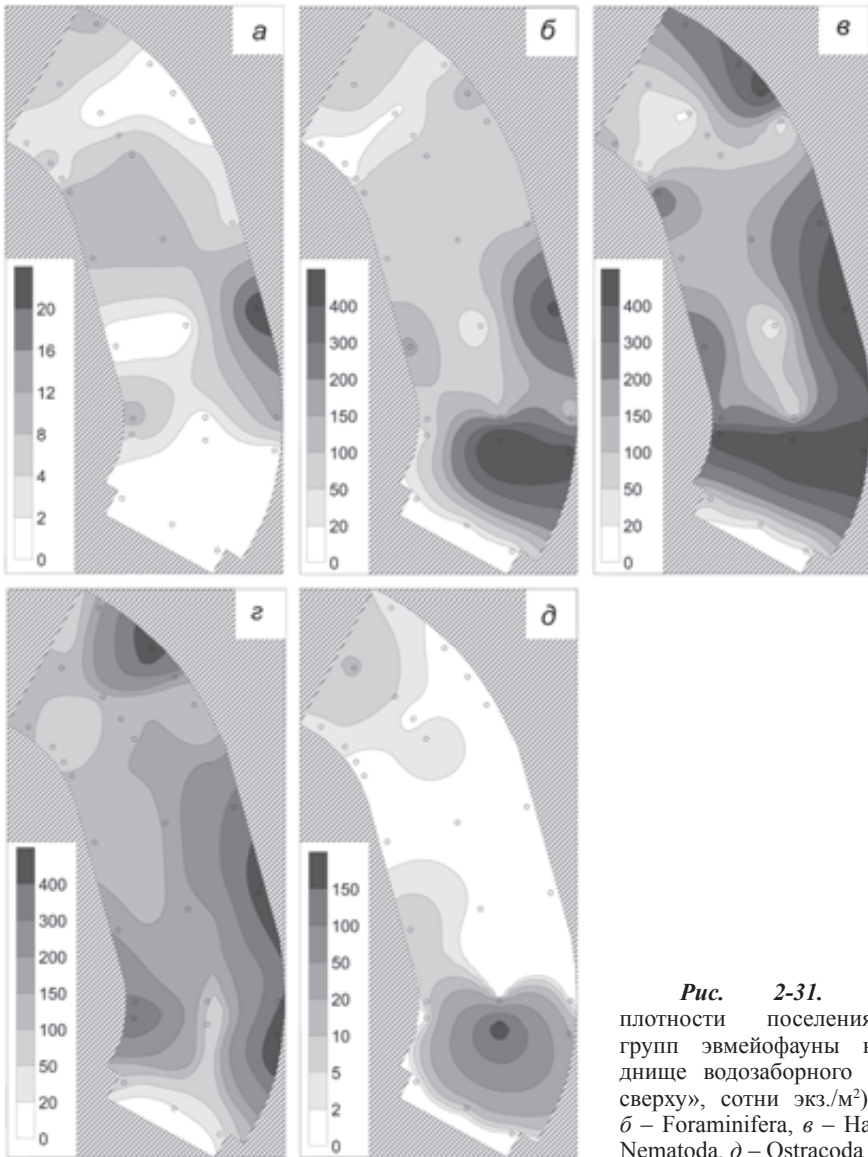


Рис. 2-31. Распределение плотности поселения различных групп эвмейофауны на стенках и днище водозаборного тоннеля («вид сверху», сотни экз./м²): *а* – Acarina, *б* – Foraminifera, *в* – Harpacticoida, *г* – Nematoda, *д* – Ostracoda

бей и/или субстратообразующих животных, для эвмейофауны характерна простая приуроченность к максимумам биомассы и численности макрообрастания. Очевидно, что представители эвмейофауны используют эти скопления в качестве убежищ.

На исследованном участке **сбросного канала** найдены представители 5 групп псевдо- и 4 – эвмейофауны (прил. 1, табл. 10). В сообществе *C. gigas* + *B. rostratus* псевдомейофауна достигает наибольшей плотности поселения на левой стенке на глубине 0,3 м, а ее численность в других местах взятия проб более чем в 2 раза

ниже (рис. 2-32). Во всех без исключения точках пробоотбора доминировала молодь двустворчатых моллюсков; среди других групп особенно была заметна роль гастропод. На правой стенке на глубине 0,6 м численность амфипод сопоставима с плотностью поселения бивалвий, а на дне канала заметный вклад вносили усоногие раки.

Минимальная численность эвмейофауны наблюдается на правой стенке канала на глубине 0,3 м, а максимальная, как и молоди животных, на той же глубине

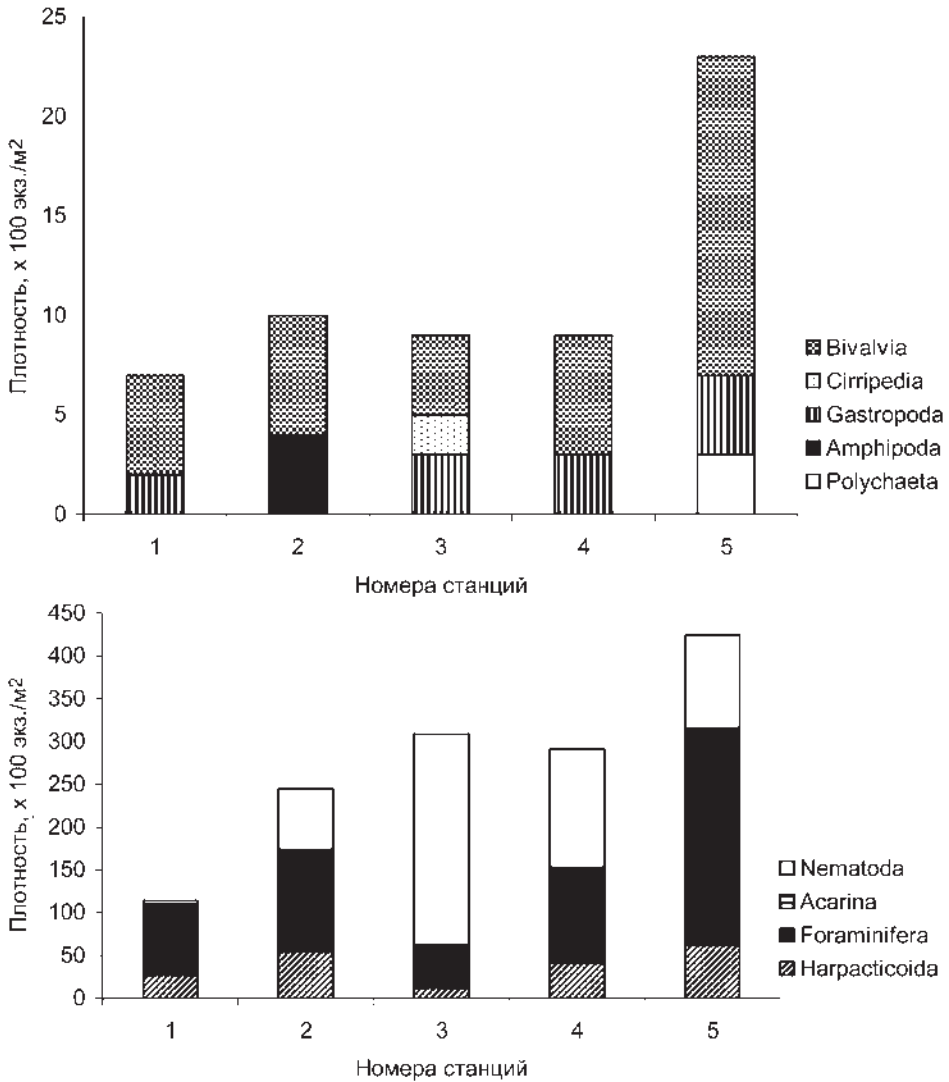


Рис. 2-32. Распределение по станциям плотности поселения основных групп мейофауны сообществ обрастания сбросного канала: 1 – правая стенка, 0,3 м; 2 – правая стенка, 0,6 м; 3 – дно канала, 1 м; 4 – левая стенка, 0,6 м; 5 – левая стенка, 0,3 м (верхний график – псевдомейофауна, нижний – эвмейофауна)

на левой стенке (рис. 2-32). Фораминиферы доминировали на правой стенке в целом и на левой – на глубине 0,3 м, нематоды преобладали на дне, а на правой стенке, на глубине 0,6 м, вклад фораминифер и нематод был примерно равным. Среди остальных групп эвмейофауны заметную, но все же явно второстепенную роль играли только гарпактициды.

В обрастании *р. Объяснения* отмечены 7 групп псевдо- и 5 – эвмейофауны (прил. 1, табл. 10). В вертикальном распределении псевдомейофауны прослеживаются два отчетливых пика численности, первый из которых, обусловленный массовым развитием олигохет и полихет, приурочен к урезу воды (сообщество *E. clathratha*), а второй, «амфиподный», – к глубине 0,8 м и соответственно сообществу *S. gigas* + *B. rostratus* (рис. 2-33). На глубине 0,3 м среди красных водорослей (сообщество *S. armatus* + *E. turrita*) наблюдался абсолютный минимум плотности

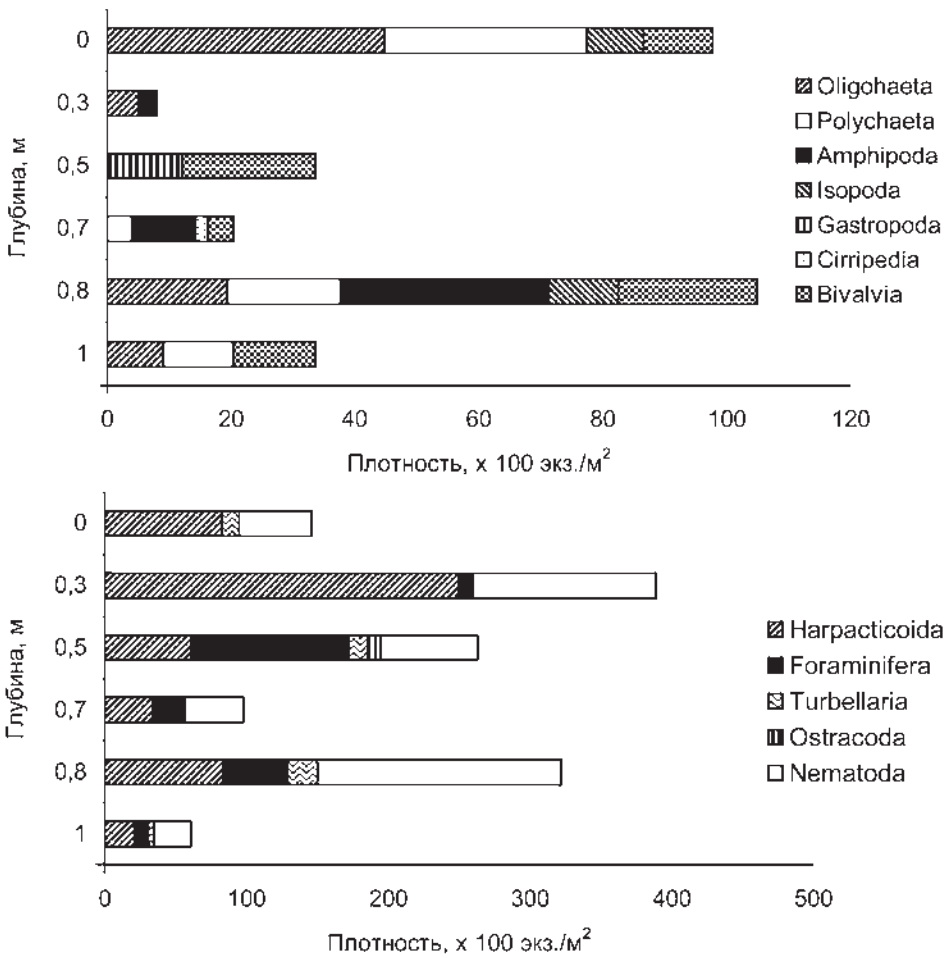


Рис. 2-33. Распределение по глубинам плотности поселения основных групп мейофауны сообществ обрастания в р. Объяснения (верхний график – псевдомейофауна, нижний – эвмейофауна)

поселения молоди животных, а доминировали, как и среди энтероморфы, олигохеты при заметном вкладе разноногих раков. На глубине 0,5 м преобладали двустворчатые моллюски на фоне пика численности гастропод, плотность поселения которых лишь незначительно уступала таковой бивалвий. Глубже (0,7 и, как уже отмечалось, 0,8 м) преобладали амфиподы, а на глубине 1 м – опять молодь двустворок при сопоставимых плотностях поселения полихет и олигохет.

В распределении эвмейофауны также отмечены два пика численности, но если второй (по глубине и соответственно сообществу макробентоса) совпадал с таковым псевдомейофауны, то первый был приурочен к 0,3 м (сообществу *S. armatus* + *E. turrita*). Он был обусловлен скачком плотности гарпактицид, которые также преобладали среди эвмейофауны в сообществе *E. clathrata* и были весьма заметны в сообществе устрицы и балануса (рис. 2-33). Среди других групп эвмейофауны особо следует отметить нематод, которые абсолютно доминировали на глубине 0,8 м и вносили существенный вклад в общую численность на всех глубинах и во всех сообществах макрообрастателей.

Неравномерность распределения общей биомассы макрообрастания в тоннеле во многом обусловлена тем, что поселения большинства массовых видов-обрастателей (прикрепленных или ведущих «оседлый» образ жизни) приурочены к участкам наибольшего гидродинамического искажения потока: водоворотным зонам, областям локальной концентрации касательных напряжений и т.п. (подробнее см. раздел 2.2). При этом наблюдается отчетливая дифференциация разных видов по отношению к степени этого искажения, а в формировании картины распределения некоторых массовых видов-обрастателей хорошо прослеживается роль пассивного оседания – седиментации. Известно, что мейобентос имеет высокую статистически значимую положительную корреляцию между количественным размещением и типом грунта [Гальцова, Павлюк, 1987]. В нашем случае роль грунта выполняют организмы, слагающие сообщество макрообрастания, – усоногие раки, мидии, трубчатые полихеты – и наблюдается заметная положительная и статистически значимая связь биомасс эвмейобентоса и макробентоса. Таким образом, распределение настоящей мейофауны, как и макрообрастания, во многом определяется характером и силой движения воды, но в отличие от последнего, зависит от этих факторов опосредованно.

Количественное распределение обрастания бетонной стенки водозабора обусловлено влиянием льда толщиной около 1 м, и на глубинах 0–1 м оно представлено, как было показано в разделе 2.1, монодоминантным сообществом многощетинковых червей *H. ezoensis*. Здесь это сообщество ежегодно уничтожается льдом, и процесс его формирования начинается вновь в конце мая – начале июня. В диапазоне глубин 2–5 м зарегистрировано многолетнее сообщество двустворчатых моллюсков *M. difficilis* с переменным доминированием *M. difficilis*, *S. grayanus*, *Arca boucardi*. Такое сообщество обычно на длительно эксплуатирующихся причальных сооружениях Амурского залива [Кашин и др., 2000]. Кроме того, оно постоянно встречается на валунах и скалистом грунте верхней сублиторали этого залива в диапазоне глубин 2–10 м. Таким образом, зарегистрированное нами соотношение основных групп псевдо- и эвмейофауны в данном диапазоне глубин характерно для многолетнего климаксного сообщества обрастания, представленного двустворчатыми моллюсками.

Повышение температуры и хлорирование, которые происходят при прохождении систем охлаждения, оказывают существенное воздействие на попадающие в трубопровод морские организмы, влияя на их выживаемость и способность к дальнейшему воспроизводству [Милейковский, 1981]. Это воздействие на состояние разных групп гидробионтов может быть различным, однако в любом случае системы водяного охлаждения электростанций и промышленных предприятий на морских побережьях в значительной степени влияют на численность, биологическую продуктивность и воспроизводство планктона, бентоса и нектона в районах своего расположения [Милейковский, 1981].

На основании собственных исследований и обзора литературы В.В. Гальцова [1991] приходит к выводу, что изменения плотности поселения нематод и копепод тесно взаимосвязаны и быстро меняются с изменением условий окружающей среды. Однако она считает, что предложение некоторых исследователей использовать нематодно-копеподное соотношение (индекс N/C) как индикатор антропогенного загрязнения преждевременно и этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Нами вычислено нематодно-копеподное соотношение в обрастании объектов до и после прохождения водой системы охлаждения станции. В качестве примера выбраны каменная наброска – наиболее близкий к естественным вид субстрата в относительно чистой части водозаборного ковша, а также сбросной канал после прохождения системы охлаждения. Оказалось, что значения индекса N/C в обрастании каменной наброски колеблется в пределах 0,089–0,960, в то время как в обрастании сбросного канала этот показатель в подавляющем большинстве проб характеризуется целым числом, а на дне канала достигает величины 20,5. Таким образом, достоверное различие значений нематодно-копеподного соотношения в обрастании объектов водозабора и сбросного канала налицо. Причиной данного явления может служить термальное загрязнение. Обращаем внимание на тот факт, что в нашем случае исследуется сообщество обрастания, а не бентоса, как у В.В. Гальцовой и предшествующих ей авторов. Известно, что совокупность антропогенных субстратов («антропаль») представляет собой своеобразную зону, функционирующую как биотоп и имеющую принципиально отличные от бентоса характеристики и закономерности [Резниченко, 1978].

Таким образом, в составе мейофауны всех объектов системы охлаждения ВТЭЦ-2 преобладают представители эвмейофауны, среди которых наиболее многочисленны фораминиферы, гарпактициды и нематоды. Среди псевдомейофауны доминируют разноногие ракообразные и двустворчатые моллюски. Значения нематодно-копеподного соотношения на объектах, расположенных в начале системы охлаждения, на порядок ниже его величин в ее окончании, что может быть следствием термального загрязнения. Количественные показатели и состав мейофауны сильно варьируют в зависимости от субстрата, которым являются сообщества макрообрастания, а также особенностей конкретного гидротехнического сооружения. При этом обилие эвмейофауны положительно коррелирует с биомассой макробентоса. В этом отношении интересно проанализировать нематод – единственную группу эвмейобентоса, для которой в настоящее время определен видовой состав.

2.4. ПРИУРОЧЕННОСТЬ МЕЙОБЕНТОСА К СООБЩЕСТВАМ МАКРООБРАСТАНИЯ И ГТС НА ПРИМЕРЕ НЕМАТОД

В обрастании гидротехнических сооружений ВТЭЦ-2 обнаружено 62 вида нематод, принадлежащих к 6 отрядам, 18 семействам и 37 родам этих животных (прил. 1, табл. 11). Наиболее представленным оказался отряд Enoplidae – 8 семейств, 18 родов, 33 вида, среди семейств – Oncholaimidae (7 родов и 15 видов), а среди родов – *Pseudoncholaimus* (7 видов).

Число видов нематод в отдельных пробах не превышало 16 (в среднем $6,7 \pm 0,4$). Видовое разнообразие в целом было довольно высоким – индекс Шеннона–Винера составлял 2,774 (для отдельных проб – $1,508 \pm 0,062$, максимальное значение 2,534). Это достигалось главным образом не столько большим числом видов в пробах, а заметно большей, чем у макрозообентоса, выравненностью распределений видов по рангам (индекс Пиелу для нематод в целом составлял 0,672, для отдельных проб – $0,868 \pm 0,015$, максимум 1,000). В среднем общая численность нематод достигала 70 ± 7 сотен экз./м² (190 сотен экз./м²).

Чаще других видов встречался *Monoposthia latiannulata* (74,7 %), а виды *Enoplus anisospiculus*, *Oncholaimium paraolium*, *Pseudoncholaimus mediocaudatus*, *Anticomma possjetica* были обнаружены более чем в 40 % проб (прил. 1, табл. 10). Наибольшая средняя плотность поселения также отмечена у этих видов – соответственно $14,0 \pm 1,6$, $11,0 \pm 1,6$, $8,7 \pm 1,5$, $6,2 \pm 1,2$ и $3,8 \pm 0,7$ сотен экз./м².

Среди найденных нематод преобладали приазийские низкобореальные виды (77,4 %), в трофическом отношении примерно равный вклад вносили хищники и соскабливатели (37,1 и 33,9 %), по отношению к субстрату преобладали виды, встречающиеся на илах и песках (48,4 %), по отношению к солености – морские стеногалинные (69,6 %) (прил. 1, табл. 11).

По численности нематод собранные пробы могут быть объединены в 8 кластеров на уровне сходства около 40 % (рис. 2-34):

- I. Группа (18 проб, среднее внутригрупповое сходство 52,4 %, минимальный уровень сходства 46,6 %), включающая пробы из тоннеля и с пирса.
- II. Группа (соответственно 11, 50,7 и 48,5), представленная пробами, собранными в сбросном канале, р. Объяснения и пробами из тоннеля.
- III. Группа (13, 38,6 и 40,9) из проб, взятых в водозаборном ковше (пирс, дамба, старый водозабор), а также из тоннеля и с решетки.
- IV. Группа (9, 46,5 и 40,0) из проб, собранных в тоннеле и ковше (дамба, водозабор).
- V. Группа (7, 53,7 и 38,3), включающая большинство проб, взятых на решетке.
- VI. Группа (5, 48,8 и 52,5) проб из тоннеля.
- VII. Группа (4, 40,7 и 50,0), включающая по 2 пробы из тоннеля и реки.
- VIII. Группа (3, 48,9 и 41,0), представленная 2 пробами из тоннеля и 1 с вращающейся сетки.
- IX–XII. Не расклассифицированные пробы (<18 %): сбросной канал, пирс, дамба и тоннель.

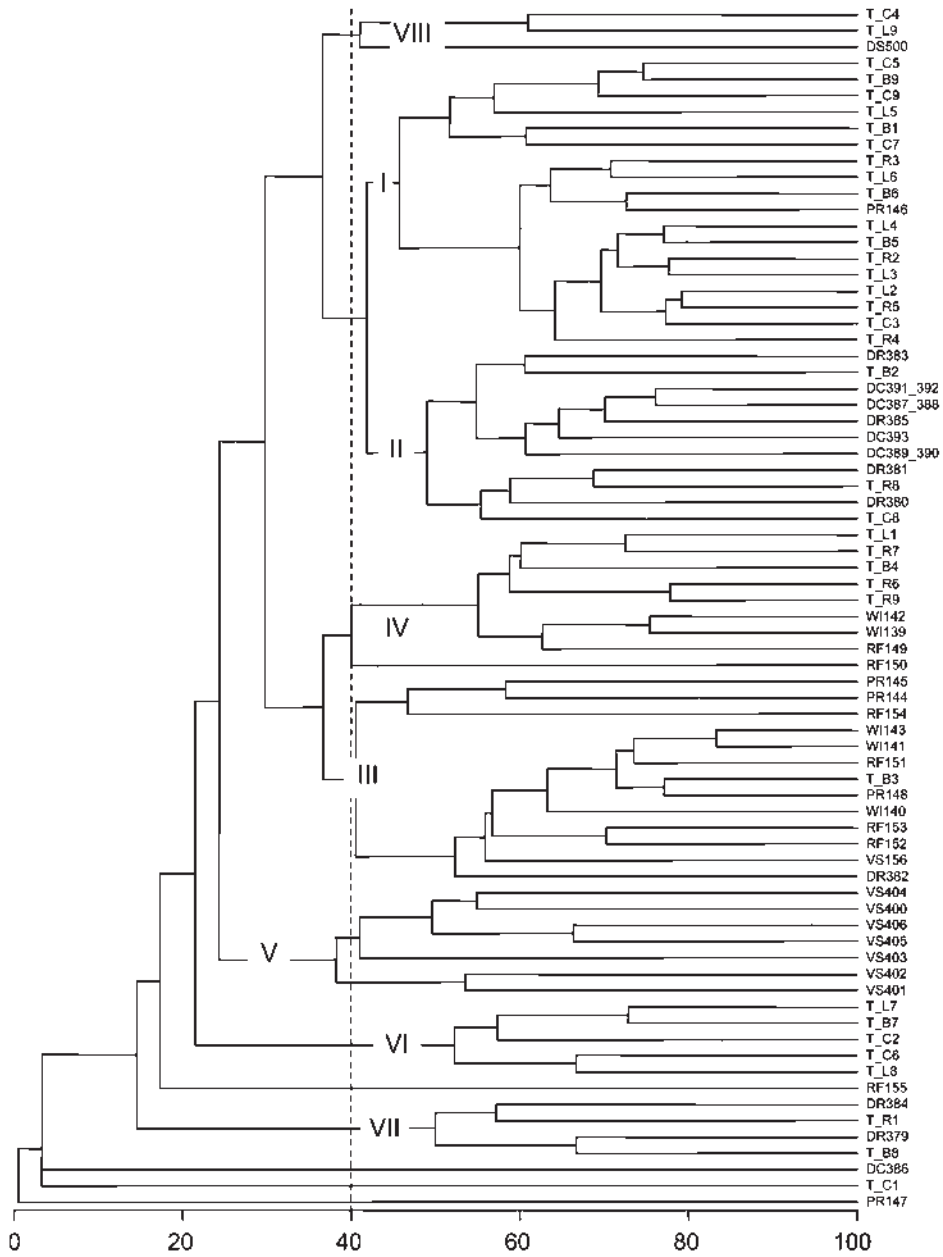


Рис. 2-34. Дендрограмма сходства проб нематод, собранных в системе охлаждения ВТЭЦ-2 (метод групповой средней, ось ординат – коэффициент Брея-Кертиса): старый водозабор – WI; пирс – PR; каменная насыпь – RF; вертикальные решетки грубой очистки – VS; вращающаяся решетка – DS; свод, днище, правая и левая стенки тоннеля – T_C, T_B, T_R и T_L соответственно; сбросной канал – WD; р. Объяснения – DR. Римскими цифрами обозначены выделенные кластеры (пояснения в тексте)

По значениям плотности поселения, встречаемости и индекса $\sqrt{F \cdot A}$ доминантом в I группе проб является *P. mediocaudatus* (100 %-ная встречаемость), численность которого достигает 18,7 % от общегрупповой величины этого параметра (прил. 1, табл. 12). Субдоминантный вид по плотности поселения и производному индексу $\sqrt{F \cdot A}$ – *M. latiannulata* (16,9 % от общей численности, встречаемость 88,9 %). Часто встречаются (более чем в 50 % проб) *O. paraolium*, *Eurystomina alekseevi*, *E. anisospiculus* и *A. possjetica*, причем у первых трех видов количественные характеристики вполне сопоставимы с таковыми *P. mediocaudatus* и *M. latiannulata*. Всего в этой группе проб найден 31 вид нематод.

Среди других эта ассоциация нематод занимает второе место почти по всем параметрам – общему числу видов и их среднему количеству в пробах, общей плотности поселения, индексу Шеннона–Винера и средней выравненности распределения видов по рангам (табл. 2-6). С общей численностью статистически значимы и положительно коррелируют плотности поселений 9 видов. Однако лишь в 3 случаях коэффициенты корреляции $r > 0,7$ – у *M. latiannulata*, *E. alekseevi* и *E. anisospiculus*. Значимая положительная связь плотности нематод с общей биомассой и плотностью организмов макрообрастания наблюдается соответственно у 6 и 7 видов (прил. 1, табл. 12). Однако эти корреляции существенны лишь у *Monoposthia costata* и *Theristus acer* в первом случае, и у *E. anisospiculus* – во втором ($r=0,938, 0,730$ и $0,827$). Распределение всех без исключения видов нематод носит статистически значимый ($p < 0,05$) агрегированный характер*.

Таблица 2-6

Некоторые количественные характеристики выделенных таксоценов и поселений нематод

Таксоцен (проба), ГТС	Число видов	$S \pm SE$	H' (общий)	$H' \pm SE$	e (общий)	$e \pm SE$	$A \pm SE$, 100 экз./м ²
I. <i>Pseudoncholaimus mediocaudatus</i> + <i>Monoposthia latiannulata</i>	31	8,6±0,8	2,443	1,882±0,088	0,711	0,918±0,008	106,4±13,5
II. <i>Oncholaimium paraolium</i> + <i>Monoposthia latiannulata</i>	25	7,8±0,9	2,323	1,760±0,084	0,722	0,892±0,016	108,5±16,0
III. <i>Monoposthia latiannulata</i> + <i>Enoplus anisospiculus</i>	41	7,8±0,7	2,296	1,606±0,073	0,618	0,818±0,025	72,5±11,8
IV. <i>Monoposthia latianulata</i>	13	3,2±0,5	1,611	0,880±0,139	0,628	0,747±0,097	30,7±13,1
V. <i>Eurystomina ophtalmophora</i>	19	9,0±1,3	2,459	1,877±0,121	0,835	0,878±0,026	74,9±20,2
VI. <i>Pseudoncholaimus mediocaudatus</i>	6	2,6±0,4	1,306	0,820±0,108	0,729	0,910±0,030	14,0±4,7
VII. <i>Oncholaimium paraolium</i>	7	3,0±0,7	1,360	0,848±0,160	0,699	0,859±0,087	18,3±7,7
VIII. <i>Eurystomina alekseevi</i> + <i>Anticoma possjetica</i> + <i>Euchromadora ezoensis</i>	13	7,0±1,5	2,176	1,759±0,210	0,848	0,923±0,021	43,0±8,1

* Это относится ко всем видам нематод во всех выделенных группах.

Таксоцен (проба), ГТС	Число видов	$S \pm SE$	H' (общий)	$H' \pm SE$	e (общий)	$e \pm SE$	$A \pm SE$, 100 экз./м ²
IX. <i>Oncholaimium ramosum</i> + <i>Pseudoncholaimus vesicarius</i>	2	–	0,693	–	1,000	–	4,0
X. <i>Halichoanolaimus bispirae</i> + <i>Metachromadora itoi</i>	2	–	0,693	–	1,000	–	4,0
XI. <i>Enoplus anisospiculus</i> + <i>Monoposthia costata</i>	8	–	1,641	–	0,789	–	35,0
XII. <i>Euchromadora ezoensis</i>	2	–	0,598	–	0,863	–	7,0
Насыпь	28	8,2±0,9	2,266	1,633±0,080	0,688	0,804±0,035	56,0±11,7
Пирс	21	5,2±2,0	2,190	1,096±0,369	0,744	0,714±0,184	35,0±20,3
Водозабор	16	5,5±1,1	1,954	1,300±0,180	0,705	0,820±0,040	73,5±24,0
Решетка	26	9,4±1,2	2,586	1,867±0,105	0,794	0,859±0,030	82,5±19,1
Сетка	10	–	2,145	–	0,931	–	43,0
Туннель	32	6,0±0,6	2,471	1,462±0,094	0,713	0,912±0,009	66,8±9,9
Канал	12	5,8±1,3	1,963	1,473±0,204	0,790	0,917±0,029	98,0±30,2
р. Объяснения	20	8,0±1,4	2,289	1,632±0,201	0,764	0,816±0,033	89,1±24,5
Система водоснабжения	56	6,5±0,5	2,751	1,473±0,073	0,683	0,884±0,010	64,4±7,0
Система водоотведения	21	7,1±1,0	2,236	1,566±0,141	0,734	0,858±0,027	92,8±18,2

Примечание. S – среднее число видов в пробе; H' и e – индексы Шеннона–Винера и Пиелу соответственно; A – плотность поселения; SE – ошибка репрезентативности.

Доминирующий вид в группе II – *O. paraolium* (встречаемость 100 %, вклад в общую численность – 27,8 %). Часто встречаются *M. latiannulata*, *E. alekseevi*, *Oncholaimium ramosum*, *E. anisospiculus* и *Oncholaimium domesticum* (54,5–81,8 %; доля в общей численности – 4,9–16,1 %) (прил. 1, табл. 12). Всего в ассоциации отмечено 25 видов нематод, при этом по большинству количественных характеристик она занимает третье место, а по общей плотности – первое (табл. 2-6). С общей численностью значимо и положительно связаны плотности 6 видов ($r > 0,7$ у *O. paraolium*, *Phanoderma platonovae*, *E. anisospiculus*, *Paracanthonus macrodon*). Существенные связи плотности нематод с общей численностью макрообрастателей отсутствуют, а для общей биомассы последних такие корреляции отмечены у *O. domesticum* и *E. alekseevi* (у последнего вида связь отрицательна).

Вид доминант группы III – *M. latiannulata* (встречаемость 100 %, доля в общей численности 33,7). Еще 3 вида – *E. anisospiculus*, *A. possjetica* и *Oncholaimus brachycercus* – обнаружены более чем в 50 % проб (встречаемость 53,8–76,9 %, доля в общей численности 2,2–26,1 %). Но лишь первый из них может рассматриваться как субдоминантный вид, чья численность сопоставима с таковой доминирующего вида (прил. 1, табл. 12). Это самая богатая видами группировка нематод (общее число видов 41), хотя по другим показателям она явно уступает не только двум первым, но и многим из остальных ассоциаций этих животных (табл. 2-6). При этом лишь у 3 видов плотности были значимо и положительно связаны с об-

щей численностью нематод ($r > 0,7$ у самого *M. latiannulata* и у *E. anisospiculus*), а существенные корреляции с общей биомассой и плотностью макрообрастателей среди исследованных видов вообще отсутствовали (r статистически значим в 3 случаях) (прил. 1, табл. 12).

В IV группе проб абсолютно доминирует *M. latiannulata* (встречаемость 100 %, вклад в общую численность 51,8 %) (прил. 1, табл. 12). Более чем в 50 % проб встречается еще только *E. alekseevi* (55,6 %), но его доля в общей численности составляет лишь 12,7 %. Всего в этой группировке найдено 13 видов, по количественным характеристикам она находится в среднем в середине списка выделенных ассоциаций (табл. 2-6). Статистически значимые и весьма существенные положительные связи плотностей нематод обнаружены у 6 видов, с общей биомассой макрообрастателей – у 5, а с численностью последних – отсутствуют (прил. 1, табл. 12).

Доминантом в группе V является *Eurystomina ophthalmophora* (встречаемость 100 %, доля в общей численности 17,5 %) (прил. 1, табл. 12). Другие заметные виды – *M. latiannulata*, *P. mediocaudatus*, *Calyptronema stomodontata*, *A. possjetica*, *Pseudoncholaimus furugelmus*, *E. anisospiculus*, *P. platonovae* (встречаемость 57,1–85,7 %, доля в общей численности 6,5–15,1 %). Хотя в группировке обнаружено всего 19 видов, среди выделяемых ассоциаций она наиболее разнообразна – среднее число видов в пробе здесь достигает своего максимума, как и индекс Шеннона–Винера (табл. 2-6). По общей численности нематод она занимает четвертое место, остальные количественные характеристики невелики. Положительные статистически значимые и/или существенные связи плотностей нематод обнаружены у 5 видов, с общей биомассой и численностью макрообрастателей коррелировали плотности 2 видов (прил. 1, табл. 12).

В VI группе абсолютным доминантом является *P. mediocaudatus* (встречаемость 100 %, доля в общей численности 55,7 %) (прил. 1, табл. 12). Всего в группировке найдено 6 видов, причем встречаемость всех, кроме *P. mediocaudatus*, не превышала 40 %, а заметный вклад в общую численность вносил еще лишь *E. alekseevi* (20 %; у остальных – менее 10 %). Общая численность нематод – одна из самых низких, невелики и остальные количественные характеристики (кроме средней выравненности распределений видов по рангам) (табл. 2-6). Положительные статистически значимые и/или существенные связи плотностей нематод с их общей численностью, а также с биомассой и плотностью макрообрастателей отмечены у 3 видов, включая доминирующий (прил. 1, табл. 12).

В группе VII абсолютный доминант – это *O. paraolium* (встречаемость 100 %, доля в общей численности – 58,9 %) (прил. 1, табл. 12). Встречаемость остальных видов не превышала 50 %, а доля в общей численности – 12,5 %. Всего в группировке найдено 7 видов, разнообразие, как и выравненность, – не велики, а общая численность – одна из самых низких среди выделяемых группировок (табл. 2-6). Положительная статистически значимая и/или существенная корреляция с плотностью отмечена у 4 видов, с общей биомассой макрообрастателей – у двух, включая вид-доминант (прил. 1, табл. 12). При этом у всех видов, кроме одного, наблюдалась тесная связь с плотностью организмов макрообрастания.

В VIII группе трудно выделить единственный доминирующий вид (прил. 1, табл. 12). Сразу два вида имеют встречаемость 100 % – это *E. alekseevi* и *A. poss-*

jetica, но наибольший вклад в общую численность вносит *Euchromadora ezoensis*, встречаемость которого составляет 66,7 % (доля в общей численности соответственно 17,8, 14,0 и 20,9 %). Весьма заметны *O. paraolium* и *M. latiannulata* (встречаемость 66,7 %, доля в общей численности >11 %). Всего обнаружено 13 видов, по численности это сообщество занимает 5-е место и характеризуется довольно высокими значениями индексов Шеннона–Винера и Пиелу (табл. 2-6). Существенная положительная (о статистической значимости здесь говорить не приходится – в группе всего 3 пробы) корреляция с плотностью отмечена у 6 видов, с общей биомассой и/или численностью макрообрастателей – у 8, включая вид-доминант (прил. 1, табл. 12).

Выделенные группы следует рассматривать в качестве таксоценов. Под этим термином авторы понимают совокупность видов, чье распределение коррелирует друг с другом и имеет на данном участке дна определенные количественные показатели. Название таксоценоу присваивают по доминирующему виду.

Первую группу проб следует отнести к таксоценоу *Pseudoncholaimus medio-caudatus* + *Monoposthia latiannulata*, вторую – к *Oncholaimium paraolium* + *Monoposthia latiannulata*, третью – к *Monoposthia latiannulata* + *Enoplus anisospiculus*, четвертую – к *Monoposthia latiannulata*, пятую – к *Eurystomina ophthalmophora*, шестую – к *Pseudoncholaimus medio-caudatus*, седьмую – к *Oncholaimium paraolium* и восьмую – к *Eurystomina alekseevi*+ *Anticoma possjetica*+ *Euchromadora ezoensis*.

Нерасклассифицированные пробы, по-видимому, взяты из разных таксоценов, о чем свидетельствует их низкий уровень сходства как между собой, так и с другими группами проб. В соответствии с видами-доминантами это таксоцены *Oncholaimium ramosum* + *Pseudoncholaimus vesicarius*, *Halichoanolaimus bispirae* + *Metachromadora itoi*, *Enoplus anisospiculus* + *Monoposthia costata* и *Euchromadora ezoensis*. Число обнаруженных видов в этих сообществах варьирует от 2 до 8, общая численность – в пределах 4–35 сотен экз./м² (табл. 2-6). Количественные характеристики отдельных видов, найденных в этих пробах, представлены в прил. 1, табл. 13.

Как и у организмов макрообрастателей, общие характеристики обилия и разнообразия нематод в пробах часто статистически значимо ($r < 0,5$) коррелируют между собой, причем эти связи в большинстве случаев гораздо сильнее, чем в сообществах макробентоса (прил. 1, табл. 14). У числа видов, плотности поселения и индекса Шеннона–Винера эти связи обычно положительны, а у индекса Пиелу – отрицательны. Иными словами, как и в сообществах макрообрастателей, чем больше плотность поселения нематод, тем больше их разнообразие, и чем выше их обилие в таксоцене, тем выравненность рангового распределения видов выражена слабее. Основное исключение из этого правила – таксоцен *M. latiannulata*, где положительна и значима связь индексов Шеннона–Винера и Пиелу. В то же время скоррелированность общих параметров нематод с таковыми макрообрастателей существенно ниже, хотя r часто значим статистически. Наибольшая значимая степень связи нематод и организмов-макрообрастателей отмечена в таксоценах *M. latiannulata* и *P. medio-caudatus*. Сильно они коррелируют и в таксоцене *O. paraolium*, но в последнем случае $p > 0,5$, что, вероятно, в большей степени обусловлено малым числом проб. Уровни корреляции, рассчитанные для общих характеристик нематод и макрообрастателей в сообществах последних, и форма

этих зависимостей адекватны таковым в таксоценах нематод, а наибольшая значимая связь нематод и макробентоса отмечена в сообществе *J. marmorata* (прил. 1, табл. 15).

Такая «независимость» нематод от организмов макрообрастания прослеживается и на качественном уровне при сопоставлении приуроченности их таксоценов к сообществам макробентоса, что подтверждается результатами теста Крускала–Уоллиса (прил. 1, табл. 16). При этом лишь таксоцен *O. paraolium* + *M. latianulata* статистически значимо «привязан» к сообществу *C. gigas* + *B. rostratus*.

Число видов нематод, как и макрообрастателей, по ГТС ВТЭЦ-2 распределено неравномерно (рис. 2-35). Максимальное их количество найдено в обрастании тоннеля, дамбы и решетки грубой очистки, наименьшее – на сетке и в сбросном канале. В целом число видов нематод «на входе» в систему водоснабжения, в водозаборном ковше и тоннеле больше, чем «на выходе» – в сбросном канале и

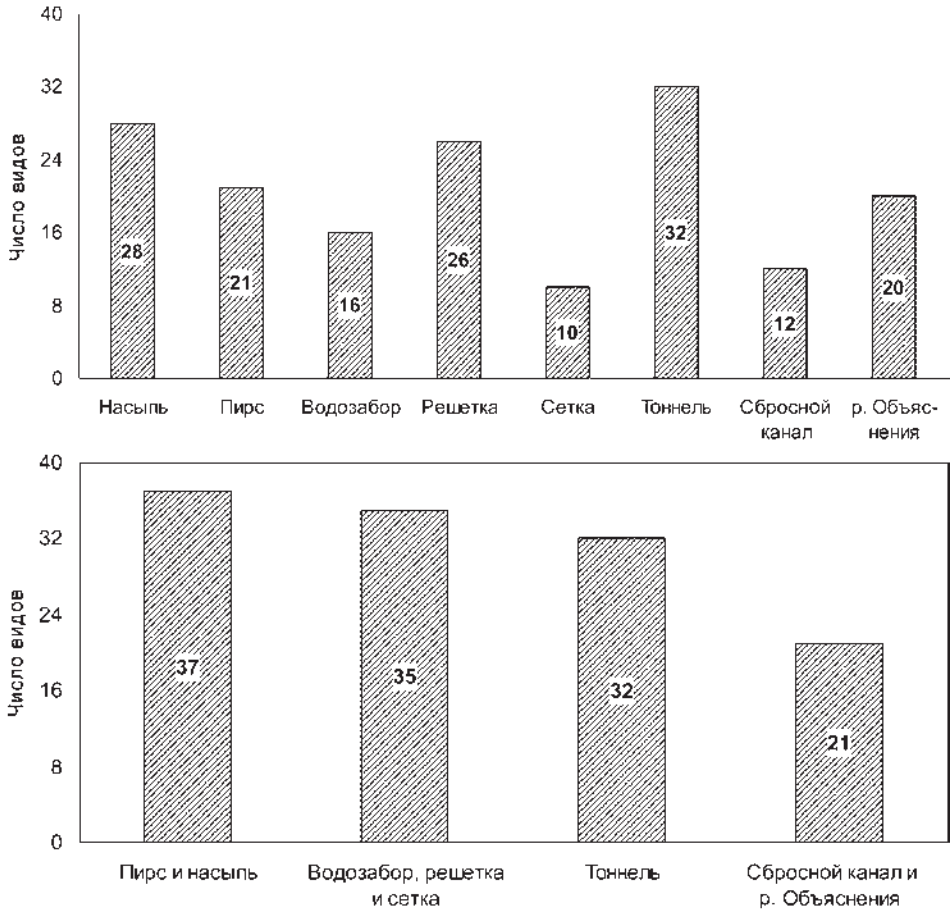


Рис. 2-35. Распределение числа видов нематод по объектам системы охлаждения ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: названия объектов, по оси ординат: число видов, цифры в столбцах – число видов

р. Объяснения. Специфичность разных участков системы охлаждения проявляется в сходстве их видового состава (рис. 2-36). При анализе качественных видовых списков на дендрограмме отчетливо выделяются 3 кластера: кластер I на уровне сходства 53 % объединил дамбу, пирс, решетку и тоннель, II – сбросной канал и р. Объяснения (около 69 %), III – водозабор и сетку (около 52 %).

Всего в системе водоснабжения найдено 56 видов нематод, в системе водоотведения – 21, из них 15 общих. В качественном отношении после прохождения системы охлаждения в фауне нематод по сравнению с ГТС ковша и тоннелем произошли следующие изменения (рис. 2-37):

- исчезли избирательные детритофаги и резко возросла доля хищных форм;
- на фоне сохранения доминирования приазийских низкобореальных видов сократилось разнообразие биогеографических группировок;
- на фоне снижения разнообразия видов в отношении субстрата выросли доли нематод, предпочитающих илистые, песчаные и илисто-песчаные грунты;
- снизилась доля морских стеногалинных и возросла доля эвригалинных видов.

В количественном отношении некоторые заметные изменения отмечены в общей плотности поселения и индексе Пиелу (соответственно увеличение и уменьшение) (табл. 2-6). Однако эти различия, как и у среднего числа видов в пробе и индекса Шеннона–Винера, оказались статистически незначимыми (тест Манна–Уитни, $p > 0,05$) несмотря на довольно значительный объем выборки.

Нематоды обрастания **дамбы** относятся к трем таксоценом. На глубине 0–0,5 м располагался таксоцен *M. latiannulata*, приуроченный к сообществам *Ch. dalli* и *U. fenestrata*. В сообществе *B. rostratus* таксоцен *M. latiannulata* + *E. anisospiculus* присутствовал на глубинах 1–4 м, а на 5 м его сменил таксоцен *Oncholaimium ramosum* + *Pseudoncholaimus vesicarius*. Плотность поселений и разнообразие нематод минимальны у уреза воды (рис. 2-38). Затем индексы Шеннона–Винера и Пиелу резко возрастают к глубине 0,5 м и далее изменяются незначительно. Среднее число видов в пробе, возрастая в диапазоне глубин 0–0,5 м,

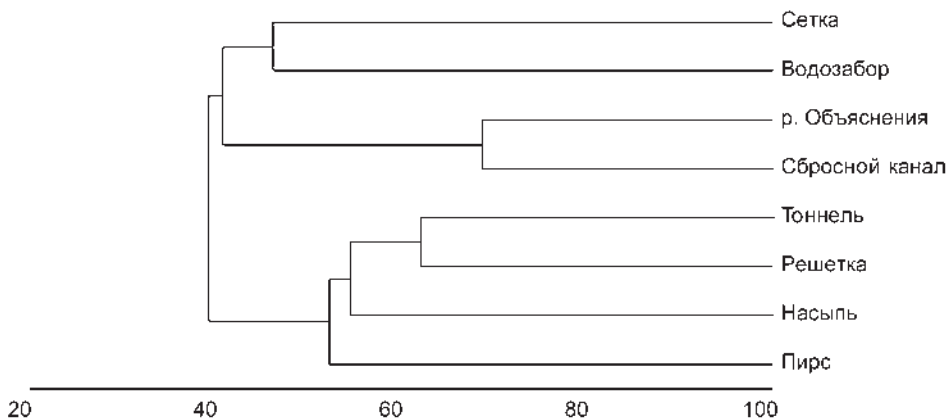


Рис. 2-36. Дендрограмма сходства качественного состава нематод объектов системы охлаждения ВТЭЦ-2. По шкале – уровень сходства, %

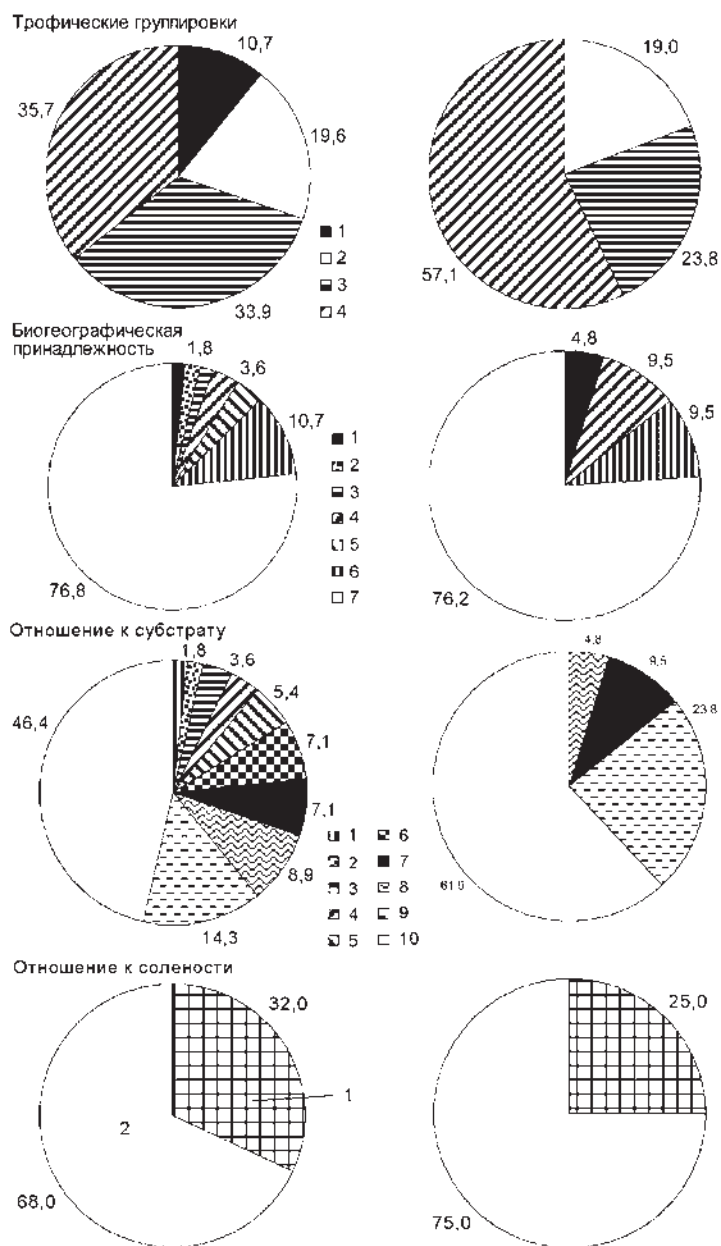


Рис. 2-37. Качественный состав нематод до и после прохождения системы охлаждения ВТЭЦ-2 (соответственно слева и справа). Трофическая группировка: 1 – избирательные детритофаги, 2 – неизбирательные детритофаги, 3 – соскабливатели; 4 – хищники. Биогеографическая характеристика: 1 – широко распространенные тихоокеанские бореальные виды, 2 – амфипацифические субтропическо-низкобореальные виды, 3 – субтропические виды, 4 – тихоокеанские низкобореальные виды, 5 – амфибореальные низкобореальные виды, 6 – космополиты, 7 – приазиатские низкобореальные виды. Отношение к субстрату: 1 – водоросли, 2 – ил, 3 – песок, 4 – ракуша, 5 – ил и гравий, 6 – ил и песок, 7 – ил и ракуша, 8 – песок и гравий, 9 – ил, песок и гравий, 10 – ил, песок и ракуша. Отношение к солёности: 1 – стеногалинный морской, 2 – эвригалинный

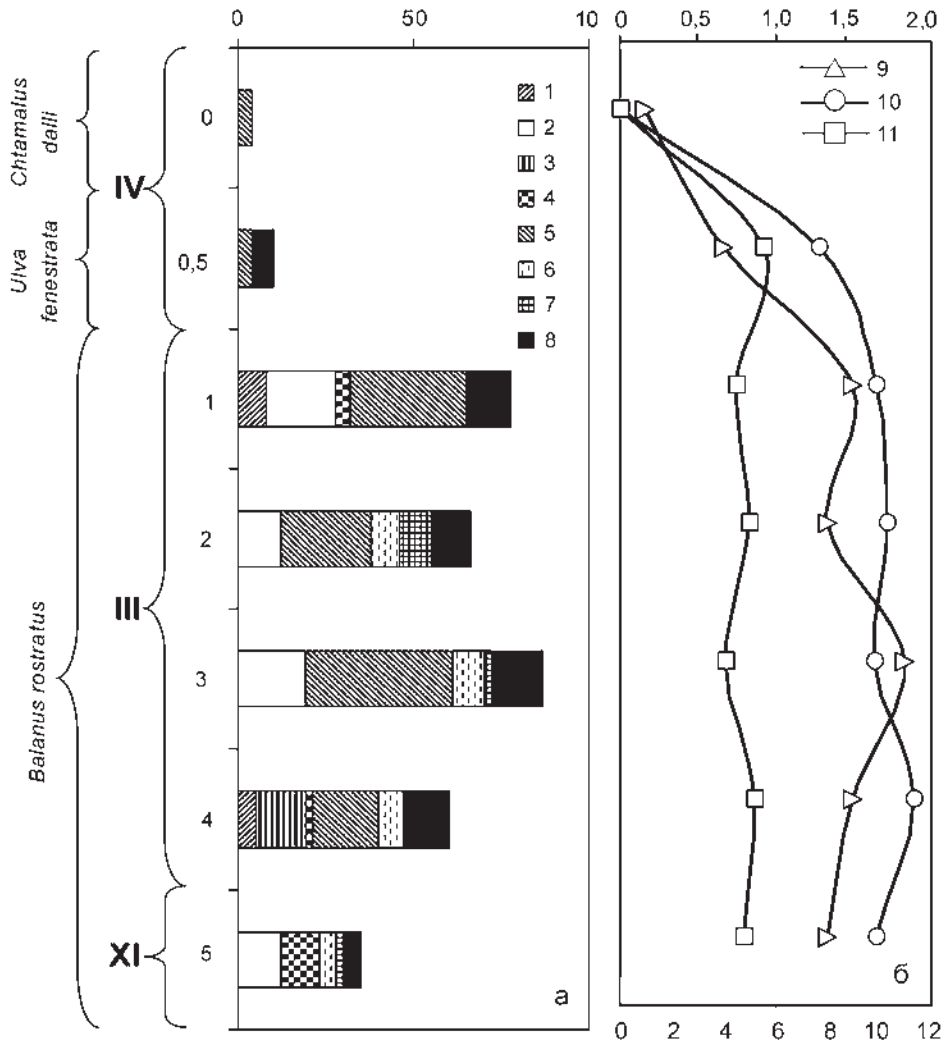


Рис. 2-38. Структура комплексов нематод дамбы в водозаборном ковше ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: плотность, 100 экз./м² (а), величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (главная ось ординат), число видов (дополнительная ось ординат) (б). Виды нематод и условные обозначения: 1 – *Anticoma possjetica*, 2 – *Enoplus anisospiculus*, 3 – *Enoplus michaelseni*, 4 – *Monoposthia costata*, 5 – *Monoposthia latiannulata*, 6 – *Oncholaimium ramosum*, 7 – *Phanoderma platonovae*, 8 – другие, 9 – число видов, 10, 11 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу. Римскими цифрами обозначены таксоцены нематод (табл. 12, прил. 1)

становится относительно стабильным на глубине 1 м, почти не меняясь с дальнейшим увеличением глубины, а плотность поселений максимальная на глубине 1–3 м, вновь снижается при ее последующем росте. Средние величины количественных характеристик для различных ГТС приведены в табл. 2–6.

В обрастании *пирса* отмечены также 3 таксоцена нематод – *M. latiannulata* + *E. anisopliculus*, *P. mediocaudatus* + *M. latiannulata* и *Halichoanolaimus bispirae* + *Metachromadora itoi* (рис. 2-39). Первый располагался на глубинах 0–0,5 и 3 м и был приурочен к сообществам *A. improvisus*, *H. ezoensis* и *B. rostratus*. Второй – на глубине 1 м (сообщество *B. rostratus*), третий – 2 м (*M. senile* + *S. clava*). Наибольшее число видов и видовое разнообразие нематод обнаружено на глубине 1 м, наибольшая общая плотность поселений – на глубине 3 м. Второй пик разнообразия пришелся на глубину 3 м.

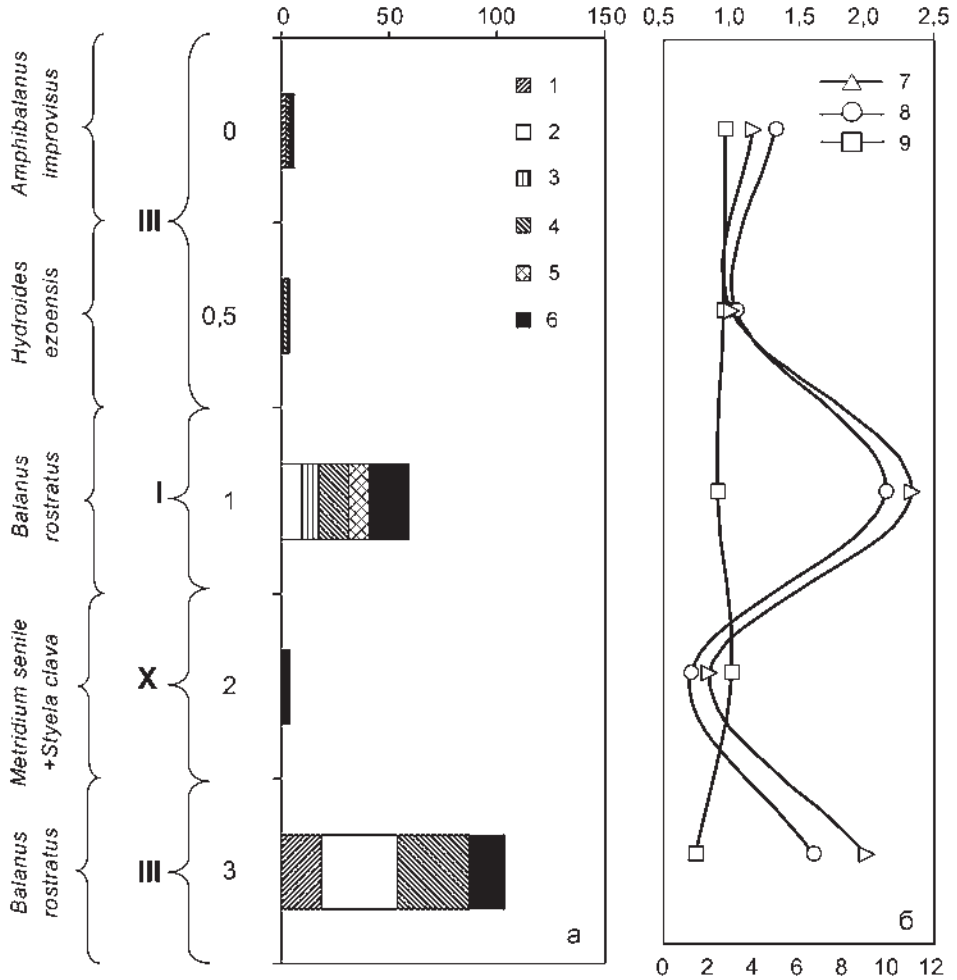


Рис. 2-39. Структура комплексов нематод пирса в водозаборном ковше ВТЭЦ-2. По оси абсцисс – плотность, 100 экз./м² (а), величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (главная ось ординат), число видов (дополнительная ось ординат) (б). Виды нематод и условные обозначения: 1 – *Anticomma possjetica*, 2 – *Enoplus anisopliculus*, 3 – *Eurystomina alekseevi*, 4 – *Monoposthia latiannulata*, 5 – *Pseudoncholaimus mediocaudatus*, 6 – другие, 7 – число видов, 8, 9 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу. Римскими цифрами обозначены таксоцены нематод (табл. 12, прил. 1)

В составе обрастания *старого водозабора* найдено 2 таксоцена нематод – *M. latiannulata* (глубины 1 и 4 м, сообщества *H. ezoensis* и *M. modiolus* + *P. stevensii*) и *M. latiannulata* + *E. anisospiculus* (2–3 м, *M. modiolus* + *P. stevensii*). Максимумы разнообразия и плотности поселений наблюдались на глубине 2 м, а на глубине 0,5 м нематоды не были найдены (рис. 2-40).

Несмотря на многообразие сообществ макрообрастателей на *решетке грубой очистки* зарегистрирован только один таксоцен нематод *E. ophthalmophora*.

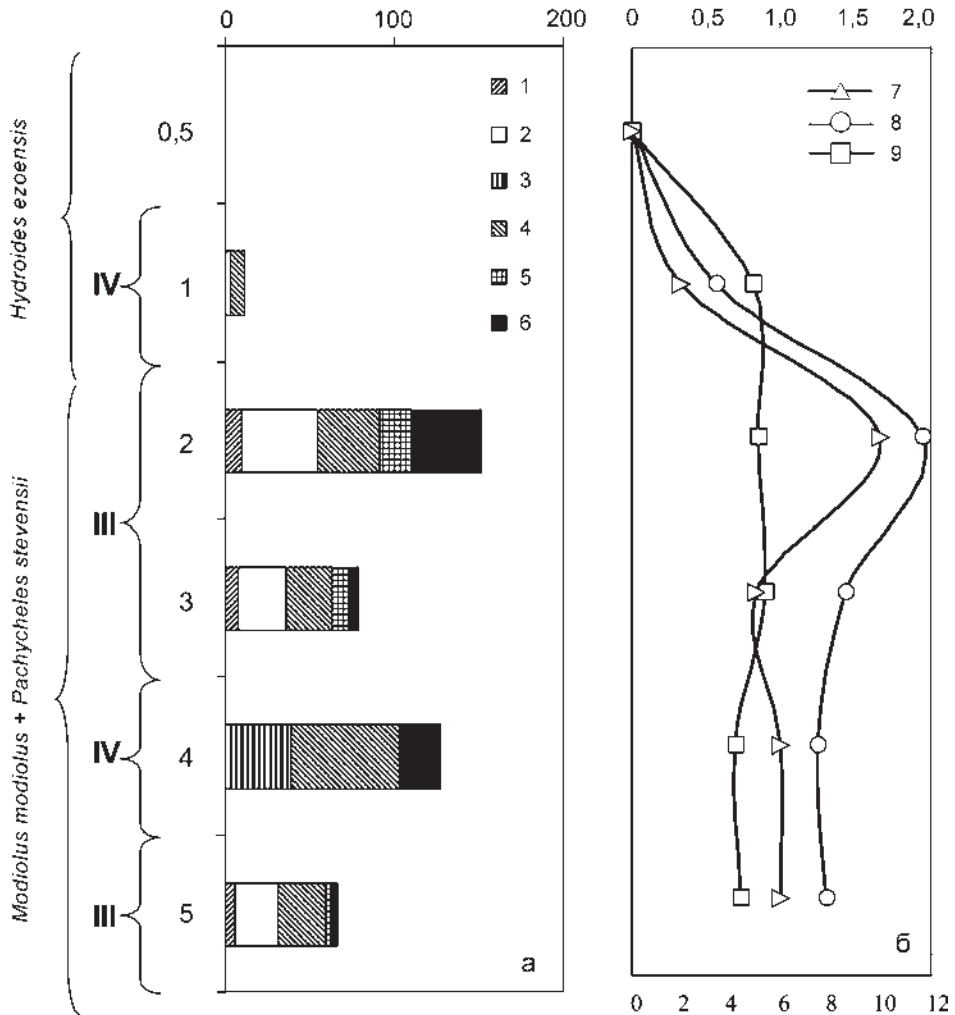


Рис. 2-40. Структура комплексов нематод старого водозабора в ковше ВТЭЦ-2. По оси абсцисс – плотность, 100 экз./м² (а), величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (главная ось ординат), число видов (дополнительная ось ординат) (б). Виды нематод и условные обозначения: 1 – *Anticoma possjetica*, 2 – *Enoplus anisospiculus*, 3 – *Enoplus michaelsoni*, 4 – *Monoposthia latiannulata*, 5 – *Phanoderma platonovae*, 6 – другие, 7 – число видов, 8, 9 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу. Римскими цифрами обозначены таксоцены нематод (табл. 12, прил. 1)

В то же время этот таксоценоз весьма изменчив, и в разных сообществах обрастания на фоне высокой численности *E. ophthalmophora* могут доминировать разные виды нематод (рис. 2-41). В сообществе *B. ramosa* это *A. possjetica*, в сообществе *B. rostratus* – *P. platonovae*, в однолетнем сообществе *M. trossulus* – *E. ophthalmophora*, в двухлетнем сообществе *M. trossulus* – *P. mediocaudatus*, в сообществах *B. rostratus* + *C. gigas* и *C. gigas* + *M. difficilis* + *B. rostratus* – *E. anisospiculus*. В обрастании **вращающейся защитной сетки** в сообществе *M. trossulus* отмечен полидоминантный таксоценоз *Eurystomina alekseevi* + *Anticoma possjetica* + *Euchromadora ezoensis* (рис. 2-42).

Число видов и плотность поселений нематод заметно варьируют по периметру **тоннеля** (рис. 2-43). Их максимальные значения приурочены к его стенкам (примерно одинаковы слева и справа), минимальные – к своду и днищу (также почти равны, учитывая изменчивость). В то же время различия индексов Шеннона–Винера и Пиелу на разных топических подразделениях тоннеля незначительны.

Не менее заметна вариабельность плотности и числа видов вдоль тоннеля (рис. 2-44). Наибольшие значения эти параметры принимают сразу после выхода из горловины стальной трубы (сечения 2–3), затем постепенно снижаются вплоть до второго поворота (сечения 7–8) почти до уровня горловины и вновь увеличиваются в конце тоннеля (сечение 9). Минимальное видовое разнообразие (индекс Шеннона–Винера) отмечено в горловине (сечение 1), изменяясь в дальнейшем по схеме, аналогичной вариациям плотности и числа видов. Минимальная выравненность распределений видов по рангам (индекс Пиелу) отмечена на втором повороте тоннеля (сечение 7), максимальная – на выходе из этого поворота (сечение 8).

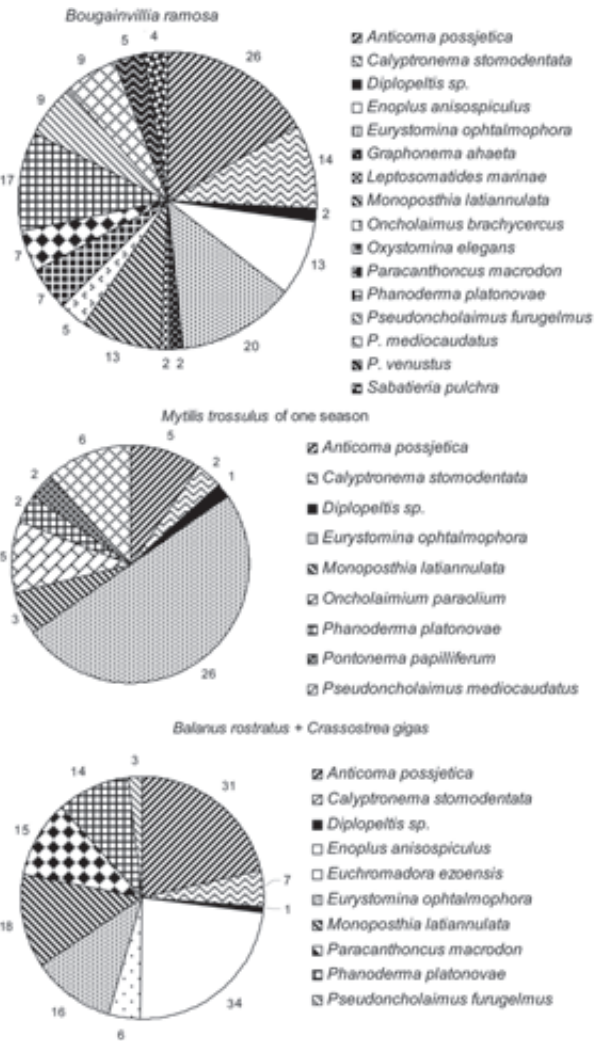
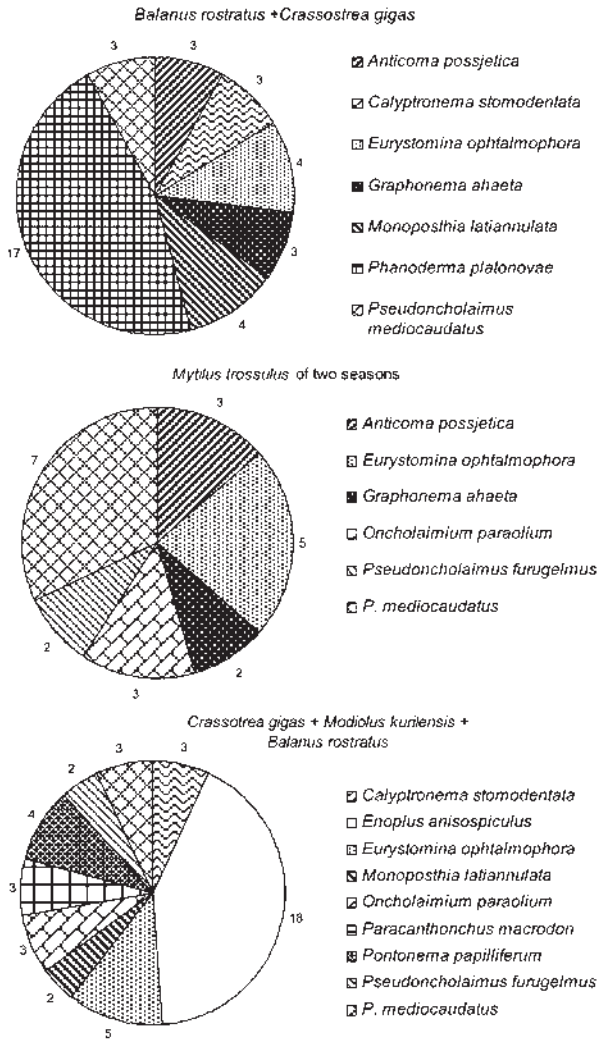


Рис. 2-41. Структура поселений нематод



на решетке грубой очистки

му разу: *O. paraolium* + *M. latiannulata* в точке B2, *M. latiannulata* + *E. anisospiculus* – B3, *M. latiannulata* – B4, *P. mediocaudatus* – B7 и *O. paraolium* – B8.

На стенках тоннеля таксоцен *P. mediocaudatus* + *M. latiannulata* также встречался чаще других группировок (5 раз на левой и 4 раза на правой стенке; точки L2, L3, L4, L5, L6, R3, R4, R5 – сообщество *B. rostratus* и R2 – *M. trossulus*). Четыре раза был найден таксоцен *M. latiannulata* (R6, R7, R9 – *B. rostratus* и L1 – *J. marmorata*), дважды – таксоцен *P. mediocaudatus* (L7, L8 – *J. marmorata*). По одному разу были отмечены *O. paraolium* + *M. latiannulata*, *E. alekseevi* + *A. possjetica* + *E. ezoensis* и *E. ezoensis* (соответственно R8, R1 и L9).

В тоннеле обнаружено 8 таксоценов нематод – *P. mediocaudatus* + *M. latiannulata*, *O. paraolium* + *M. latiannulata*, *M. latiannulata* + *E. anisospiculus*, *M. latiannulata*, *P. mediocaudatus*, *O. paraolium*, *E. alekseevi* + *A. possjetica* + *E. ezoensis* и *E. ezoensis* (соответственно в 17, 3, 1, 5, 5, 2, 2 и 1 случаях). На дне располагались 6 таксоценов: I, II, III, IV, VI и VII; на своде – 5: I, II, VI, VIII и XII; на левой стенке – 4: I, IV, VI и VIII, на правой – также 4: I, II, IV и VII. Распределение таксоценов крайне мозаично, что особенно выражено на своде и дне тоннеля (рис. 2-45–2-48).

На своде тоннеля чаще других встречался таксоцен *P. mediocaudatus* + *M. latiannulata* (в 4 случаях – точки C3, C5, C7, и C9; сообщество *J. marmorata*), дважды – *P. mediocaudatus* (C2 – в сообществе *B. rostratus* и C8 – *J. marmorata*), по одному разу – *O. paraolium* + *M. latiannulata* и *E. ezoensis* (соответственно C8 и C1, *J. marmorata*). На дне (сообщество *M. trossulus*) таксоцен *P. mediocaudatus* + *M. latiannulata* также был обнаружен в 4 случаях (B1, B5, B6 и B9), а остальные – по одному

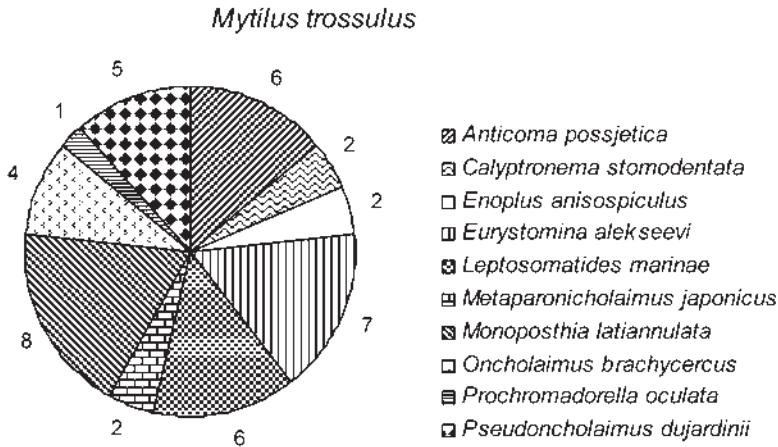


Рис. 2-42. Структура поселения нематод на защитной сетке

Вдоль отдельных топических единиц тоннеля отчетливо прослеживается неравномерность распределения плотности поселения, числа видов и величин индекса Шеннона–Винера (рис. 2-45–2-48). На своде тоннеля нематоды имеют два максимума этих показателей в областях окончания первого и второго поворотов (соответственно сечения 3–4 и 9). На днище наблюдаются три максимума обилия и разнообразия этих животных. Первый из них приурочен к началу тоннеля (сечение 2–3), второй – к его середине (сечения 5 и 6), третий – к устью (сечение 9).

На правой стенке высокие численность и разнообразие нематод отмечены в 5 из 9 точек отбора проб; минимумы приурочены к входу в основной тоннель (сечение 1), началу второго поворота (сечения 6–7) и устью (сечение 9). Левая стенка также характеризуется полимодальностью распределения величин количественных характеристик нематод. Их минимумы приурочены к началу тоннеля (сечение 1) и второму повороту (сечения 7–8), главный максимум – к сечению 2, дополнительный – к устью. Вариации индекса Пиелу несут существенны для всех топических единиц тоннеля (рис. 2-47, 2-48).

В обрастании **сбросного канала** (сообщество *C. gigas*) обнаружено 2 таксоцена нематод (рис. 2-49). На глубине 0,3 м на правой стенке это *O. ramosum* + *P. vesicarius*, в остальных биотопах – *O. paraolium* + *M. latiannulata*. Для первого характерны минимальные величины количественных показателей, кроме индекса Пиелу. Наибольшие величины плотности поселений и индекса Шеннона–Винера были отмечены на дне канала, на фоне наименьшей выравненности распределения видов по рангам. В целом обилие и разнообразие нематод на левой стенке были выше, чем на правой.

В обрастании берегов и дна **р. Объяснения** найдены 3 таксоцена нематод (рис. 2-50). У уреза воды (сообщество *E. clathrata*) и на глубине 1 м это таксоцен *O. paraolium*, на глубинах 0,3, 0,5 и 0,8 м (сообщества *C. armatus* + *E. turrita* и *C. gigas* + *B. rostratus*), как и в канале, – *O. paraolium* + *M. latiannulata*, на глубине

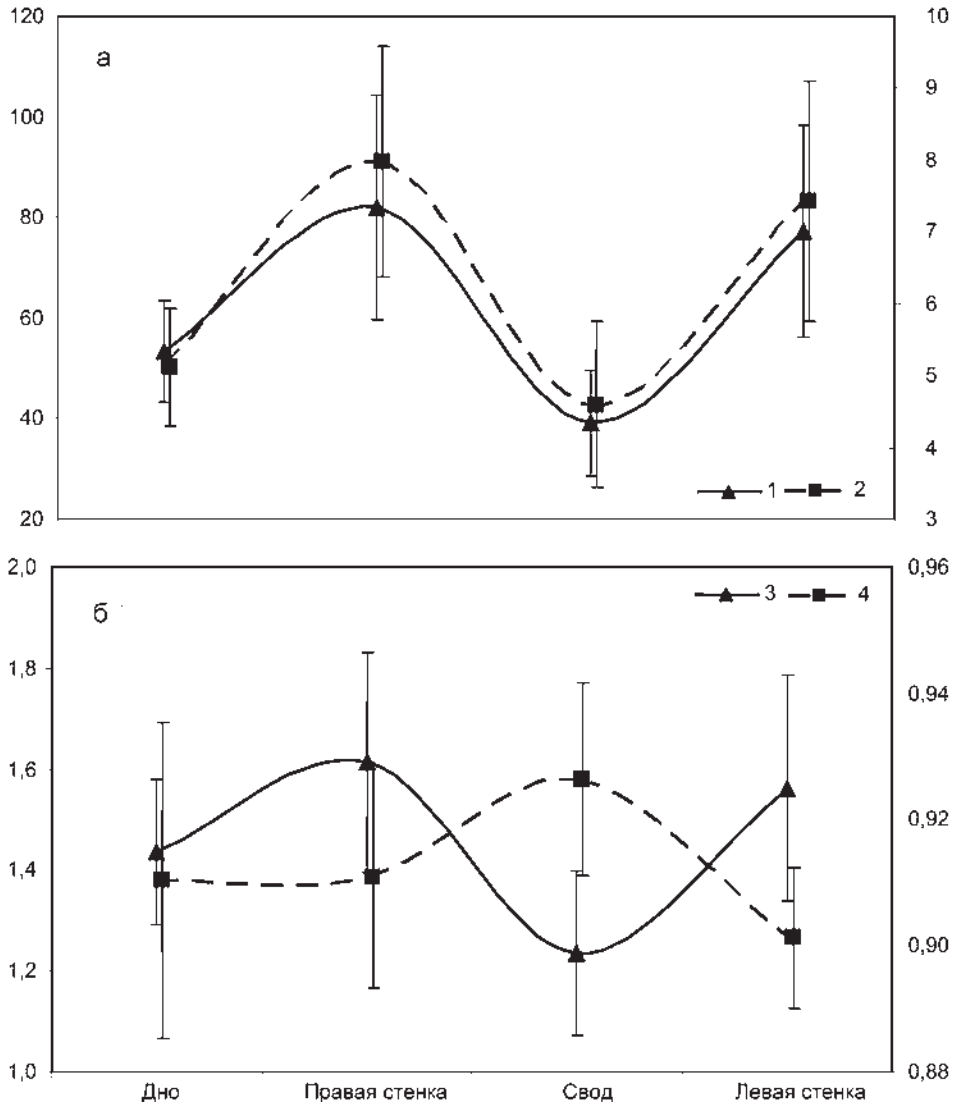


Рис. 2-43. Изменение количественных характеристик нематод по периметру водозаборного тоннеля ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: топические подразделения, по главной оси ординат: плотность, сотни экз./м² и индекс Шеннона-Винера (соответственно а и б), по дополнительной – число видов и индекс Пиелу (а и б). Условные обозначения: 1 – плотность, 2 – число видов, 3 и 4 – индексы Шеннона-Винера и Пиелу. Вертикальные линии – ошибка репрезентативности

0,7 м – *M. latiannulata* + *E. anisospiculus*. В вертикальном распределении плотности поселений и разнообразия нематод наблюдаются два максимума, почти одинаковых по величине, – на глубинах 0,3 и 0,8 м. Минимальная выравненность распределения видов по рангам отмечена на глубине 1 м.

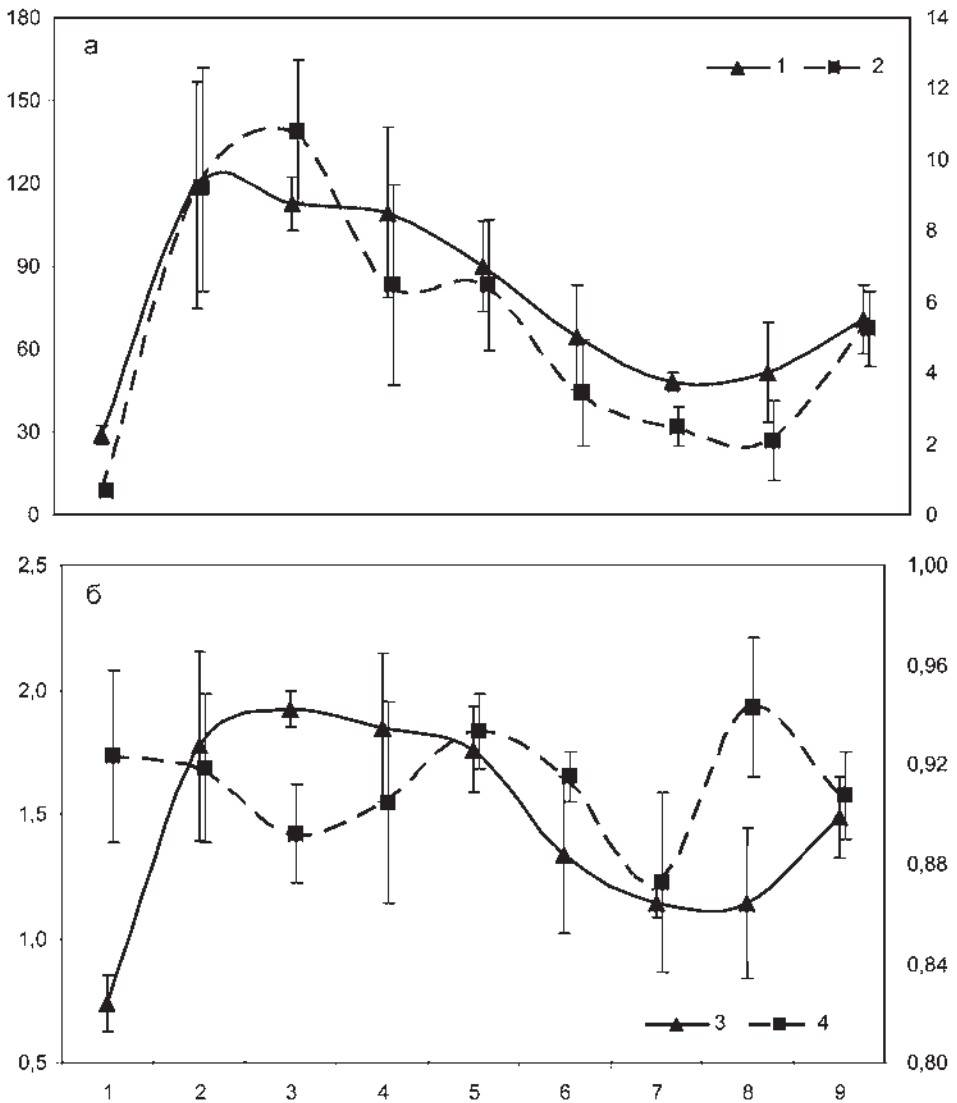


Рис. 2-44. Изменение количественных характеристик нематод вдоль водозаборного тоннеля ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: номер разреза, по главной оси ординат: плотность, сотни экз./м² и индекс Шеннона-Винера (соответственно а и б), по дополнительной – число видов и индекс Пielу (а и б). Условные обозначения: 1 – плотность, 2 – число видов, 3 и 4 – индексы Шеннона-Винера и Пielу. Вертикальные линии – ошибка репрезентативности

Таким образом, у нематод, обитающих на различных ГТС и в р. Объяснения, наблюдается отчетливая синхронность изменения большинства количественных характеристик, что отражается в высокой степени скоррелированности числа видов, плотности поселений и индекса Шеннона-Винера (прил. 1, табл. 17). Не-

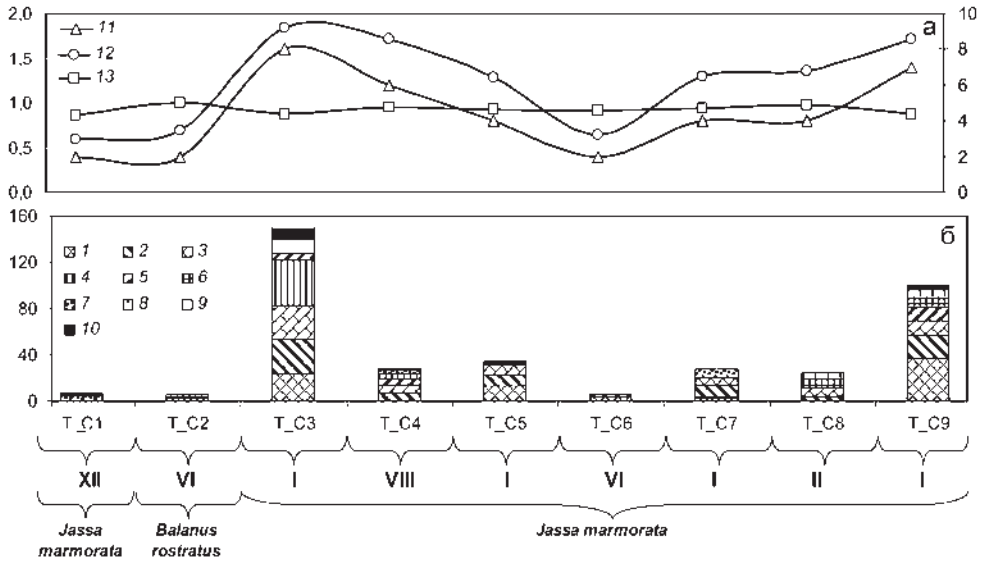


Рис. 2-45. Структура поселений нематод на своде водозаборного тоннеля ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: точки отбора проб, по оси ординат: а – величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (главная) и число видов (дополнительная); б – плотность, 100 экз./м². Виды нематод и условные обозначения: 1 – *Pseudoncholaimus mediocaudatus*, 2 – *Monoposthia latiannulata*, 3 – *Oncholaimium paraolium*, 4 – *Enoplus anisospiculus*, 5 – *Anticoma possjetica*, 6 – *Eurystomina alekseevi*, 7 – *Euchromadora ezoensis*, 8 – *Graphonema ahaeta*, 9 – *Oncholaimium ramosum*, 10 – другие, 11 – число видов, 12, 13 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу. Римскими цифрами обозначены таксоцены нематод (табл. 12, прил. 1)

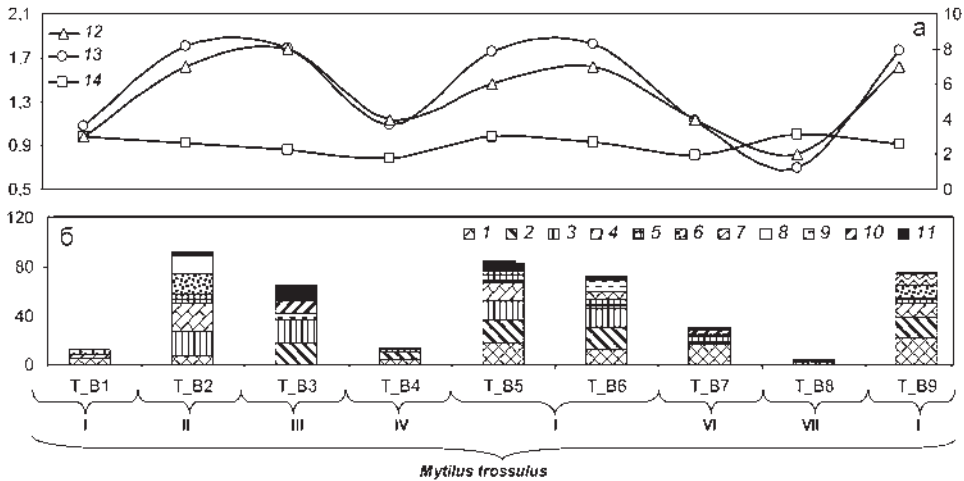


Рис. 2-46. Структура поселений нематод на днище водозаборного тоннеля ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: точки отбора проб, по оси ординат: а – величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (главная) и число видов (дополнительная); б – плотность, 100 экз./м². Виды нематод и условные обозначения: 1 – *Pseudoncholaimus mediocaudatus*, 2 – *Monoposthia latiannulata*, 3 – *Enoplus anisospiculus*, 4 – *Oncholaimium paraolium*, 5 – *Eurystomina alekseevi*, 6 – *Euchromadora ezoensis*, 7 – *Sabatieria pulchra*, 8 – *Oncholaimium ramosum*, 9 – *Steineridora borealis*, 10 – *Anticoma possjetica*, 11 – другие, 12 – число видов, 13, 14 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу. Римскими цифрами обозначены таксоцены нематод (табл. 12, прил. 1)

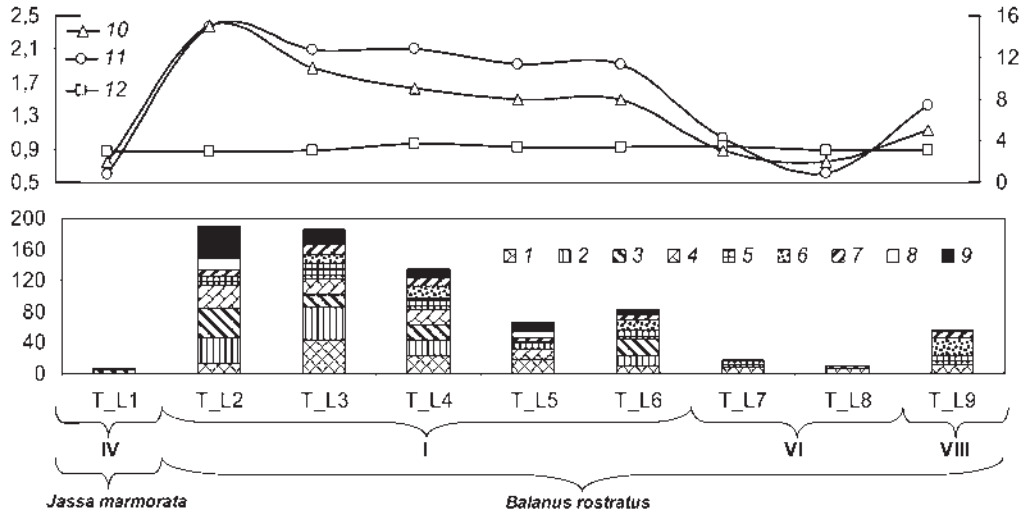


Рис. 2-47. Структура поселений нематод на левой стенке водозаборного тоннеля ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: точки отбора проб, по оси ординат: а – величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (главная) и число видов (дополнительная); б – плотность, 100 экз./м². Виды нематод и условные обозначения: 1 – *Pseudoncholaimus mediocaudatus*, 2 – *Enoplus anisospiculus*, 3 – *Monoposthia latiannulata*, 4 – *Oncholaimium paraolium*, 5 – *Eurystomina alekseevi*, 6 – *Euchromadora ezoensis*, 7 – *Anticoma possjetica*, 8 – *Oncholaimium ramosum*, 9 – другие, 10 – число видов, 11, 12 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу. Римскими цифрами обозначены таксоцены нематод (табл. 12, прил. 1)

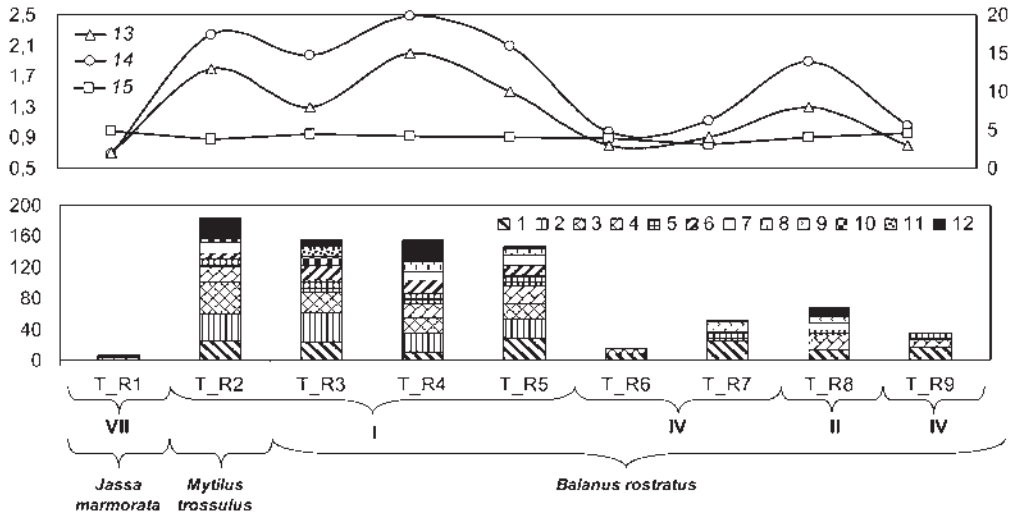


Рис. 2-48. Структура поселений нематод на правой стенке водозаборного тоннеля ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: точки отбора проб, по оси ординат: а – величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (главная) и число видов (дополнительная); б – плотность, 100 экз./м². Виды нематод и условные обозначения: 1 – *Monoposthia latiannulata*, 2 – *Enoplus anisospiculus*, 3 – *Pseudoncholaimus mediocaudatus*, 4 – *Oncholaimium paraolium*, 5 – *Eurystomina alekseevi*, 6 – *Anticoma possjetica*, 7 – *Oncholaimium ramosum*, 8 – *Graphonema ahaeta*, 9 – *Pseudoncholaimus dujardinii*, 10 – *Oncholaimium japonicum*, 11 – *Euchromadora ezoensis*, 12 – другие, 13 – число видов, 14, 15 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу. Римскими цифрами обозначены таксоцены нематод (табл. 12, прил. 1)

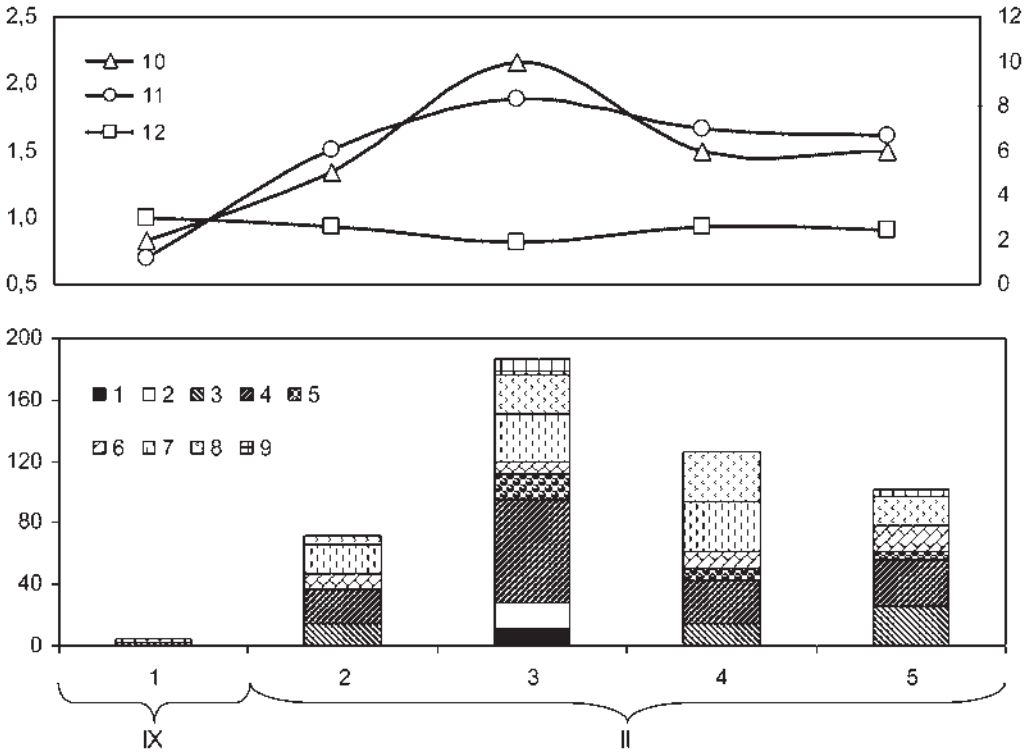


Рис. 2-49. 7 Структура комплексов нематод в обрастании сбросного канала на территории ВТЭЦ-2. По оси абсцисс: места отбора проб: 1 – правая стенка, 0,3 м; 2 – правая стенка, 0,6 м; 3 – дно канала, 1 м; 4 – левая стенка, 0,6 м; 5 – левая стенка, 0,3 м. По оси ординат: а – величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (главная) и число видов (дополнительная); б – плотность, 100 экз./м². Виды нематод и условные обозначения: 1 – *Paracanthonus macrodon*, 2 – *Oncholaimus brachycercus*, 3 – *Oncholaimium ramosum*, 4 – *Oncholaimium paraolium*, 5 – *Oncholaimium japonicum*, 6 – *Oncholaimium domesticum*, 7 – *Monoposthia latiannulata*, 8 – *Enoplus anisospiculus*, 9 – другие, 10 – число видов, 11, 12 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу. Римскими цифрами обозначены таксоцены нематод (табл. 12, прил. 1)

сколько обособлено варьирует индекс Пиелу – его связи с другими параметрами могут быть как положительными (например, дамба, водозабор), так и отрицательными (пирс, канал). Гораздо четче, чем в таксоценах нематод и сообществах макробентоса, проявляется и скоррелированность общих параметров нематод с характеристиками обилия и разнообразия макрообрастателей (табл. 18, прил. 1). Особенно это заметно в обрастании дамбы, водозабора и левой стенки тоннеля. Значимые и существенные связи количественных характеристик нематод с глубиной отсутствуют.

Целый ряд таксоценов нематод показывает довольно отчетливую приуроченность к отдельным ГТС: *P. mediocaudatus* + *M. latiannulata* и *P. mediocaudatus* – к тоннелю, *O. paraolium* + *M. latiannulata* – к каналу и р. Объяснения, *E. ophthalmophora* – к решетке, что в ряде случаев подтверждается результатами теста Кру-

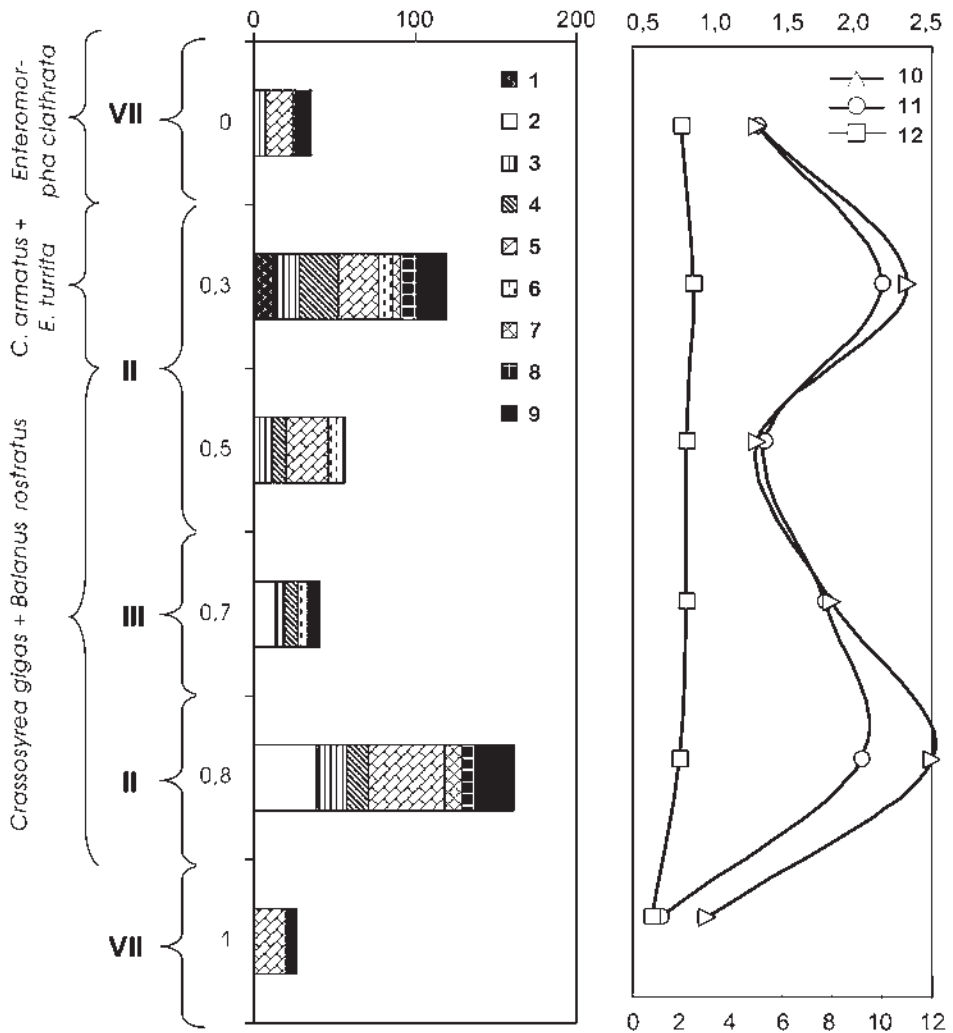


Рис. 2-50. Структура комплексов нематод в обрастании р. Обь. Объяснения. По оси абсцисс – плотность, 100 экз./м² (а), величины индексов Шеннона–Винера и Пиелу, бит/м² (главная ось ординат), число видов (дополнительная ось ординат) (б). Виды нематод и условные обозначения: 1 – *Acanthonchus tridentatus*, 2 – *Enoplus anisospiculus*, 3 – *Eurystomina alekseevi*, 4 – *Monoposthia latiannulata*, 5 – *Oncholaimium paraolium*, 6 – *Oncholaimium ramosum*, 7 – *Pseudoncholaimus mediocaudatus*, 8 – *Pseudoncholaimus urbanus marinus*, 9 – другие, 10 – число видов, 11, 12 – индексы Шеннона–Винера и Пиелу. Римскими цифрами обозначены таксоценозы нематод (табл. 12, прил. 1)

скала–Уоллиса (прил. 1, табл. 16). Более отчетлива приуроченность таксоценозов нематод к отделам системы водоснабжения и отведения, но в наибольшей степени их привязка к частям этой системы проявляется при сопоставлении входа и выхода из системы охлаждения. Из 12 таксоценозов нематод 8 найдены только до входа в нее и лишь 4 – после, причем только один – *O. ramosum* + *P. vesicarius* – толь-

ко в канале (нерасклассифицированная проба DC386). Следовательно, после прохождения системы охлаждения наличие не только обеднение видового разнообразия и изменение трофического, биогеографического и другого состава нематод, но и снижение разнообразия их группировок.

Приуроченность таксоценов нематод к различным диапазонам глубины статистически значима только у *M. latiannulata* + *E. anisospiculus* (>1 м). Однако заметно «тяготение» таксоценов *O. paraolium* + *M. latiannulata* к верхним (<1 м), а *P. mediocaudatus* + *M. latiannulata* – к средним горизонтам (0,5–0,9 м), хотя в последнем случае это относится к тоннелю с весьма своеобразными условиями среды и самим понятием глубины.

По сложившимся представлениям, в море выделяют три типа сообществ нематод, которые определяются соответственно тремя типами субстрата [Чесунов, 2006]. Это сообщества грубозернистых (крупного песка, битой ракушки, гравия) и тонкозернистых (заиленного песка и ила) осадков, а также фитали. Под последними понимается население поверхности талломов и ризоидов крупных водорослей-макрофитов, зарослей нитчатых водорослей, а также поверхности листьев и стеблей морских трав. Сюда же относят сообщества обрастания твердых субстратов в виде скал, камней, погруженных бревен и животных – раковин моллюсков, перидермы гидроидов, туники асцидий и т.д.

Очевидно, к сообществам фитали следует отнести и комплекс нематод, нами анализируемый, хотя термин «фиталь» применим к обрастанию лишь отчасти – там, где есть водоросли, которых в нашем случае не очень-то много, – и имеет довольно строгое определение. Это часть бентали, где развивается фитобентос. Однако оставим терминологическую проблему на совести нематодологов.

Нематоды и макрофауна не могут не взаимодействовать [Чесунов, 2006]. Наиболее очевидным влиянием крупных животных на нематод представляется поедание последних. Однако кроме двусторонней прямой или опосредованной через трансформацию органики трофической связи между макро- и мейобентосом существуют и другие взаимоотношения, которые, следуя классификации В.Н. Беклемишева [1951], можно определить как топические [Мокиевский, 2009]. При этом донные организмы могут заметно изменять условия существования микроскопических многоклеточных и, в частности, нематод.

Вероятно, прежде всего через призму топических отношений следует рассматривать и наблюдаемые в наших исследованиях изменения состава, количественных показателей и связей между макрообрастателями и нематодами на ГТС ВТЭЦ-2. Наверное, поэтому нами не выявлено отчетливой приуроченности таксоценов нематод к конкретным сообществам макрообрастания, но часто количественные характеристики поселений нематод коррелировали с общей биомассой и плотностью макроформ, особенно при действии жестких внешних факторов. Яркий пример – коррелированность обилия и разнообразия нематод и макрообрастателей в водозаборном тоннеле в целом и на его отдельных топических подразделениях. «Жесткие» факторы для этого ГТС подробно рассмотрены в разделах 2.1 и 2.2. Кроме того, специфичность условий приводила и к развитию соответствующих комплексов нематод. Это объясняет довольно жесткую приуроченность ряда таксоценов этих животных к конкретным ГТС: *P. mediocaudatus* + *M.*

latiannulata – к тоннелю, *M. latiannulata*+ *E. anisospiculus* – к ковшу, *O. paraolium* + *M. latiannulata* – к каналу и р. Объяснения, *E. ophthalmophora* – к решетке.

Нематоды считаются весьма эврибионтными животными, довольно устойчивыми к изменениям солености, температуры, росту загрязнения, хотя их комплексы и отвечают на стрессовые условия перестройкой в сторону уменьшения разнообразия с резким доминированием одного или немногих видов [Чесунов, 2006]. Видовое разнообразие является функцией видового богатства и выравниваемости распределения видов по рангам, а загрязнение приводит к изменению соотношения этих двух компонент [Rygg, 1985 a, b; Одум, 1986; Pearson, 1987]. Под влиянием загрязнения и других стрессовых воздействий происходит перераспределение доминант: в сообществе начинают преобладать несколько толерантных видов, достигающих аномально высокой численности, тогда как более чувствительные становятся редкими и исчезают. В нашем исследовании подобные изменения обычно наблюдались на различных ГТС вблизи уреза воды, на фоне снижения обилия макрообрастания. До некоторой степени это справедливо и для свода тоннеля. Таким образом, лишь такие условия – периодическое осушение и отсутствие или снижение числа доступных убежищ, создаваемых макроформами, – являются для нематод стрессовыми.

С этих позиций для нематод не являются стрессовыми условия в сбросном канале и р. Объяснения. Да, общее число видов сократилось после прохождения системы водоохлаждения (что в какой-то мере может быть связано и с числом взятых проб), но все, кроме общей плотности, которая возросла почти в полтора раза, количественные показатели остались примерно на уровне их величин в системе водоснабжения. При этом сокращение разнообразия видов по отношению к субстрату и уменьшение числа биогеографических группировок, скорее всего, результат общего уменьшения числа видов. Понятно и увеличение доли нематод, предпочитающих илистые, песчаные и илисто-песчаные грунты: только в канале и реке (на дне) присутствовал субстрат этого типа.

Здесь уместно вспомнить, что при эвтрофировании рост разнообразия на границе «чистые»–«загрязненные» воды происходит в соответствии с концепцией метаболического прогресса [Тальских, 1991], согласно которой слабый и умеренный рост трофности влечет за собой увеличение интенсивности метаболизма – метаболический прогресс, сопровождающийся экологическим прогрессом – увеличением общего количества видов, усложнением межвидовых отношений и пространственной структуры. С ростом загрязнения признаки метаболического прогресса – высокая продукция, значительная биомасса отдельных видов – сохраняются на фоне экологического регресса – снижения количества видов, разнообразия. В области, близкой к границе «загрязненные»–«грязные» воды, снижается выравниваемость распределения видов по рангам, и поэтому поле точек может быть описано кривой с тремя экстремумами минимума. В области «чистые»–«слабо загрязненные» воды происходит увеличение разнообразия, в области «умеренно загрязненные»–«загрязненные» отмечается подъем, а затем спад разнообразия, то же – в области «грязные»–«очень грязные» воды. Поэтому отсутствие различий в величинах большинства количественных показателей нематод может быть следствием «недостаточных» для существенных изменений степени загрязнения или

напряженности других условий в сбросном канале и р. Объяснения по сравнению с биотопами системы водоснабжения.

Вместе с тем до и после системы охлаждения существенные изменения коснулись видового состава комплексов нематод. В качественном отношении это выразилось в уменьшении доли морских стеногалинных и увеличении доли эвригалинных видов, а также в исчезновении избирательных детритофагов и увеличении доли хищников.

Как уже было отмечено, нематоды способны переносить большие перепады солености [Гальцова, 1976; Чесунов, 2006; Мокиевский, 2009]. Такая устойчивость обусловлена в основном образом жизни этих животных – нематоды и грубозернистых и тонкозернистых осадков обитают в интерстициальных полостях между частицами грунта, где среда в отношении солености более консервативна. Вероятно, в канале и р. Объяснения, при скорости течения до 2 м/с, это условие не соблюдается – интенсивное турбулентное перемешивание обеспечивает быстрое выравнивание градиентов солености. Результат – рост количества эвригалинных видов и снижение – стеногалинных морских.

Несколько сложнее дать объяснение изменению трофической структуры ценозов нематод. По В. Визеру [Wieser, 1953]* свободноживущих нематод следует делить на 4 группы по типам питания:

1А. Избирательные детритофаги (или у других авторов – тонко сортирующие детритофаги). Формы, не имеющие отчетливой ротовой полости и никакого ротового вооружения. Тип питания — простое насасывание с помощью мышц пищевода. Пищей служит детрит, состоящий из мелких мягких частиц. Обитает среди водорослей на литорали и в мягких грунтах сублиторали.

1В. Неизбирательные детритофаги. Формы, имеющие хорошо развитую чашевидную, коническую или цилиндрическую ротовую полость, но, как и в предыдущей группе, лишены вооружения. Тип питания такой же, как и в группе 1А, но, кроме того, захватывание детрита производится еще и движением губ и рта. Пищей также служит детрит, но уже с более крупными частицами (в том числе и диатомовыми водорослями). Обитает в мягком, богатом детритом грунте.

2А. Эпифаги или растительоядные (соскабливатели, соскребыватели). Ротовая полость хорошо развита и вооружена мелкими склеротизированными зубчиками или пластинками. Эти нематоды имеют возможность скоблить поверхность водорослей или, прокалывая их оболочку, высасывать клеточный сок. В качестве пищи могут служить эпифиты и сами водоросли. Встречаются почти во всех биотопах.

2В. Хищники. Имеется большая ротовая полость с мощным вооружением различного типа. Могут питаться так же, как и нематоды предыдущей группы, но большей частью это – хищники, заглатывающие мелких животных, в том числе и нематод. Встречаются на литорали среди грубого, бедного детритом песка и в сублиторали среди ракуши и крупного песка.

*В последнее время это деление подвергается серьезной критике (см. обзоры А.В. Чесунова [2006] и В.О. Мокиевского [2009]). Однако наши дальнейшие рассуждения основаны именно на этой классификации, так как ее применяют другие современные авторы, чьи построения мы используем.

Как было показано, в обрастании несмотря на указанные выше топические предпочтения обитают (и многочисленны) нематоды всех типов питания. Рост доли хищников в сбросном канале и р. Объяснения, в общем-то, понятен – такие формы более эврибионтны. Классический пример тому – хищные полихеты семейства Nereidae, встречающиеся даже на очень загрязненных акваториях и при различных других стрессовых условиях. Что же могло произойти после прохождения водой системы охлаждения ВТЭЦ, что привело к исчезновению тонкосортирующих детритофагов? Вряд ли это исчезновение детрита – его количество, возможно, и стало меньше, но не в катастрофическом масштабе.

По нашему мнению, объяснение здесь можно найти на основе применения так называемого индекса зрелости сообщества (*MI*), предложенного Т. Бонгерсом [Bongers, 1990] и представляющего собой полуколичественную оценку состояния экосистемы на основании состава и соотношения видов нематодного сообщества [Чесунов, 2006]. Суть показателя *MI* состоит в отражении соотношения видов-колонистов (г-стратегов) и видов-специалистов (К-стратегов).

Исходно под г-селекций понимался отбор на способность к быстрому росту населения, а под К-селекцией – отбор на конкурентоспособность [McArthur, Wilson, 1967]. Т. Бонгерс [Bongers, 1990] использовал термины «колонисты» (colonizers, г-стратеги в широком смысле) и «персистеры» (persisters, они же специалисты, К-стратеги в широком смысле) для обозначения комплекса признаков [Чесунов, 2006]. Среди нематод есть виды, быстро увеличивающие свою численность при благоприятных условиях, это колонисты. Их другие характеристики – короткие жизненные циклы, большая способность к колонизации, терпимость к нарушениям среды, эвтрофикации и дефициту кислорода. Это оппортунисты, способные быстро использовать краткосрочные пищевые ресурсы. Колонисты часто численно преобладают в пробах, плотность их населения может сильно колебаться. У колонистов объемистые гонады, выпускающие много мелких яиц; часто это живородящие виды. Колонисты обычно доминируют в эфемерных местообитаниях.

На другом полюсе находятся специалисты, или К-стратеги, с невысокой скоростью размножения [Чесунов, 2006]. У них, как правило, длинные жизненные циклы и низкая способность к колонизации. Специалисты не являются доминирующими видами в пробе, их численность весьма слабо флуктуирует в течение года. Их потомство невелико, небольшие гонады дают относительно крупные яйца. Специалисты, как правило, преобладают в стабильных местообитаниях. На пятибалльной шкале беспорные колонисты и специалисты занимают крайние противоположные позиции соответственно 1 и 5. Другие виды занимают промежуточные позиции.

По набору и соотношению видов каждый биотоп (или проба) может получить свое значение индекса зрелости нематодного населения [Чесунов, 2006]. В изменении индекса зрелости находят выражение такие проявления среды, как загрязнение, высыхание (дегидратация), эвтрофикация, анаэробные условия, физические нарушения, увеличение солёности, изменение температурного режима, ускорение процессов разложения органического материала.

Система калибровки видов по пятибалльной шкале основана на комплексе характеристик [Чесунов, 2006]. Единственным объективным критерием могла

бы быть скорость размножения – так изначально и определялись г- и К-стратегии. Однако поскольку скорость размножения известна далеко не у всех нематод, калибровка большинства видов основана на аналогии, таксономической близости, размерах тела, доле ювенильных возрастов в популяции, морфологии ротового аппарата и других структур, отрывочных сведений по аутэкологии (питание, размножение, встречаемость в тех или иных средах).

Нематодное сообщество в море обычно состоит из нескольких десятков видов. Если на ценоз действуют поллютанты или нарушения, виды г-стратегии оказываются относительно более толерантными, в противоположность К-стратегиям [Warwick, 1986]. Если К-стратегии исчезают, их ресурсы быстро потребляются более толерантными видами. Поэтому можно допустить, что локальное загрязнение или другое нарушение среды вызовет увеличение доли г-стратегов.

Количество аутэкологических сведений по видам морских нематод невелико [Чесунов, 2006]. Обычно принимается, что надвидовые таксоны выработали в эволюции разные стратегии выживания и имеют общие для всех своих членов черты жизненных циклов. Так, Rhabditidae или Neodiplogasteridae, по сравнению с Leptosomatidae или Enoplidae, имеют более высокую способность к колонизации. У них короткое время генераций, велики колебания численности, имеются специальные стадии переживания неблагоприятных условий (даур-личинки). Они часто мелки и живут в эфемерных биотопах, имеют относительно большие гонады, производят много мелких яиц, часто живородящие, относительно терпимы к ксенобиотикам и другим факторам нарушения среды. Противоположные качества характерны для специалистов.

Экстремальные колонисты представлены семействами Rhabditidae, Neodiplogasteridae и Monhysteridae (семейства, не найденные в наших исследованиях). Их время генерации – всего несколько дней. Экстремальные специалисты – семейства Enoplidae и Leptosomatidae с длительностью жизненного цикла около года (вторые не найдены после прохождения системы охлаждения, хотя представитель первых – *E. anisospiculus* – довольно обилен в сбросном канале и р. Объяснения). Остальные семейства занимают промежуточные позиции.

По шкале индекса зрелости в принципе можно оценивать не только роды или семейства, но и типы ротового аппарата. В анализе нематодных сообществ побережья Нидерландов приняты такие значения: для типа 1А значение $MI=3,7$, 1В – 2,1, 2А и 2В – 3,0 [Bongers et al., 1991]. Таким образом, учитывая эти величины MI , условия среды в сбросном канале более приемлемы для нематод, «тяготеющих» к г-стратегии, и менее – для специалистов – тонкосортирующих детритофагов, а комплекс этих животных здесь, вероятно, в терминах Т. Бонгера, менее «зрелый».

СУКЦЕССИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ГЛАВА 3 АНТРОПОГЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В РАЙОНЕ ВТЭЦ-2

Для сообществ обрастания типичен сукцессионный тип развития, уже достаточно хорошо описанный [Одум, 1986; Бигон и др., 1989; Oshurkov, 1992 и др.]. Поэтому разобраться в составе и структуре этих сообществ, как и любых других, можно только на основе знаний об особенностях процесса их развития.

Представление о сукцессии, первоначально разработанное для наземных растительных ассоциаций, включает в себя следующие понятия. *Инициальная стадия развития* – стадия более или менее быстрого поселения на оголенную поверхность некоторого числа видов, в которой большую роль играют случайности рассеивания молоди и миграции животных [Леме, 1976]. Затем в результате воздействия различных факторов возникают более или менее стабильные и длительно существующие сообщества, обычно все большей и большей структурной сложности, называемые по-разному: *последовательные стадии, стадии развития, серии* или *фазы сукцессии*, сменяющие друг друга до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие между климатом, почвой и сообществом. Это равновесие, или *терминальная стабилизированная система*, известно под названием *климакса*. Сукцессии, ведущие к терминальной стадии, считаются *прогрессивными*, а те, которые удаляются от нее – *регрессивными*. Прогрессивные сукцессии считаются *первичными*, если им не предшествует регрессия, и *вторичными* – если таковая имела место.

Роль межпопуляционных взаимодействий в формировании последовательности смены видов (характерного признака сукцессии) обсуждается в обзорах [Connell, Stayer, 1977; McIntosh, 1980]. Наглядную модель экологической сукцессии приводит Ю. Одум [1986], выделяя 20 признаков изменения основных структурных и функциональных характеристик аутогенной сукцессии. В «обзоре обзоров» литературы о сукцессиях И.Э. Смелянского [1993], за пятилетний период анализируются разные взгляды на механизм сукцессии экологических сообществ. Автором сделан вывод о непротиворечивости этих взглядов и отмечено, что механизм сукцессии может быть рассмотрен с точки зрения либо смены видов, либо внедрения нового вида в сообщество. Указывается на то, что нам неизвестен механизм, способный обеспечить детерминизм сукцессионного процесса.

Видовое разнообразие в ходе сукцессии, выражаемое по Р. Маргалёфу [Margalef, 1963] отношением числа видов к общей численности, стремится к максимуму на ранних или средних стадиях сукцессии, а затем снижается в климаксе. По мнению Ю. Одума [1986], причинно-следственные связи между разнообразием и стабильностью вследствие низкого уровня наших знаний еще неясны, и их необходимо исследовать со многих точек зрения. Его концепция климаксного сообщества включает для каждого местообитания две категории: 1) климатиче-

ский климакс, т.е. сообщество, к достижению которого теоретически направлено сукцессионное развитие в данном районе; 2) различное число эдафических климаксов, изменяющихся в зависимости от локальных условий местообитания. Европейские экологи придерживаются теории поликлимакса, понимая под климаксом все сообщества, не способные к дальнейшему развитию, которые остаются отчетливо различимыми в пределах территории, однородной по эдафическим, топографическим и антропоическим условиям. Стадии, удаленные от климакса, стабильность которых является неопределенной, носят название перманентных сообществ [Леме, 1976].

При изучении наземных фитоценозов установлено, что тому или иному виду растительности, изменив почву или иные условия, можно создать обстановку, благоприятную для нового сообщества [Редфилд, Диви, 1957]. Есть основание считать, что присутствие одного вида может создать условия для последующего развития здесь других. Изучение обитателей морских вод подтвердило энтокринную теорию сукцессии, состоящую в том, что органические выделения одного набора популяций стимулируют его замену другим набором популяций [Smauda, 1963]. Несколько раз делались попытки выявить динамический аспект сообществ бентали [Brooks, 1880; Hewatt, 1935; Shelford et al., 1935; Clements, Shelford, 1939; и др.]. А. Редфилд и Э. Диви [1957] считают, что наблюдаемое на морском дне распределение сообществ вряд ли является результатом сукцессий, так как в противоположность суше характер дна в результате жизнедеятельности организмов существенно не меняется*. Однако при погружении в море чистых антропогенных субстратов при их заселении происходит закономерная смена одних сообществ другими и проявляются признаки, свойственные настоящим экологическим сукцессиям [Sheer, 1945; Брайко, Долгопольская, 1947; Caspers, 1952; Millard, 1952; Aleem, 1957; Crisp, 1965; Никитин, 1974; Голиков, Скарлато, 1975a; Clokie, Boney, 1980; Рудякова, 1981; Ошурков, 1982, 1985, 1986, 2000].

Отдельные авторы отрицают сукцессию при формировании обрастания в субтропических и низкобореальных водах [Schoener, 1974; Luckens, 1975]. Существует мнение, что развитие сообществ обрастания, в отличие от бентоса, повсеместно носит непредсказуемый характер [Сатерленд, 1975, 1978]. Вероятно, по этой причине Г.Б. Зевина [Зевина, 1972, 1994], касаясь общих вопросов проблемы обрастания, избегает термина «сукцессия», называя процесс смены сообществ «развитием биоценозов обрастания». Она приводит упрощенную схему сукцессии обрастания для умеренных вод, подразделяя этот процесс на три фазы. Фаза I – бактериальная (+микроводоросли, *прим. авторов*), которая длится очень недолго, лишь несколько часов, для развития доминантов необходимо максимум несколько дней. Фаза II – развитие таких крупных быстрорастущих форм, как баланусы, мшанки, гидроиды. Двустворчатые моллюски в этой фазе не имеют большого значения. Длится она от нескольких месяцев до 2–3 лет. Автор считает, что в теплых морях она проходит намного быстрее, чем в холодных, и встречается обычно на искусственных сооружениях, находящихся в море сравнительно недолго – на дни-

*На самом деле это не так. Организмы существенно меняют свойства как рыхлых грунтов (пелетизация, био-турбация и т.д.), так и твердых (коралловые постройки, мидиевые и устричные банки, даже отдельный домик балануса или трубка полихеты заметно изменяют микрорельеф и тем самым свойства среды). Свидетельства этому – сотни работ, часть которых суммирована в работе А.В. Мощенко [2006].

щих судов и буях. Фаза III – преобладание двустворчатых моллюсков. По мнению автора, это фаза устойчивого равновесия – климакс. Этой же точки зрения придерживаются многие современные исследователи обрастания умеренных вод.

Аналогичный ход экологической сукцессии обрастания на антропогенных субстратах прослежен в различных районах Мирового океана. Его наблюдали в Японском, Черном, Белом, Средиземном, Балтийском и Северном морях, а также в Мексиканском заливе и других районах Мирового океана [Sentz–Braconnot, 1966; Кузнецова, 1967; Горбенко, 1968; Брайко, Долгопольская, 1974; Scheibel, 1974; Голиков, Скарлато, 1975а; Горин, 1975б; Stephens, 1977; Ошурков, 1982, 2000; Александров, 2002]. Поэтому можно считать, что ход экологической сукцессии крупных таксономических групп на изолированных от грунта антропогенных субстратах подчиняется общей закономерности и имеет предсказуемый характер, что дает возможность прогнозирования обрастания. В зависимости от локальных характеристик меняются лишь сроки и скорость сукцессий обрастания.

В Северном полушарии скорость развития эпibiозов обрастателей максимальна поздней весной, летом и осенью и резко снижается зимой [Голиков, Скарлато, 1975б]. В южных широтах развитие обрастания в среднем идет быстрее и более разнообразно, чем в северных, и при пониженной солености [Meadows, 1969]. Систематическая принадлежность доминирующих видов в различных районах Мирового океана определяется соответственно их наличием в бентосе окружающих акваторий, за исключением интродуцированных видов (см. главу 5). Чаще всего в сообществах обрастания доминируют двустворчатые моллюски [Кузнецова, Зевина, 1967; Зевина, 1972, 1994; Резниченко и др., 1976; Ошурков, 1982, 1986; и др.]. Реже – усоногие раки, гидроиды, губки, иногда водоросли [Taramelli, Chimens, 1966; Кузнецова, 1967; Багиров, 1968; Zavodnik, Igc, 1968; Long, 1972 a, b; Горин, 1975а; Турпаева, 1987]. Существует мнение, что все это есть не что иное, как стадии сукцессии разновозрастного обрастания [Oshurkov, 1992].

Таким образом, напрашивается вывод, что смена сообществ обрастания на погруженных в море искусственных субстратах представляет собой ускоренный вариант более четко подразделяемой на фазы естественной экологической сукцессии. Этот быстрый процесс с достижением терминальной стадии в кратчайший срок можно назвать, например, *антропогенной сукцессией*, которая благодаря своей четкости и обозримости может служить прекрасной моделью природной экологической сукцессии, процесс которой не всегда доступен для наблюдения исследователю даже в течение всей его жизни.

Для планктонных сообществ, в отличие от сообществ обрастания, характерны биологические сезоны разной продолжительности и соответственно сезонная сукцессия в зонах с различной термической структурой вод. Известно, что «цветение» фитопланктона в бореальной зоне начинается в марте–мае и продолжается в водах теплых течений до июня, а в водах холодных течений до сентября. Темпы сукцессии различаются в разных зонах. Переход планктонного сообщества от весеннего к летнему состоянию в холодноводных зонах наступает на полмесяца позже, чем в теплых. Причины этого явления – более медленный прогрев поверхностного слоя океана и более позднее формирование устойчивого термоклина [Надточий, 2004].

3.1. ФИТОПЛАНКТОН, МИКРОВОДОРОСЛИ ПЕРИФИТОНА И ИХ СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА В БУХТАХ СУХОПУТНАЯ И ЗОЛОТОЙ РОГ

Как уже было отмечено, фитопланктон является наиболее чувствительным к загрязнению компонентом водных экосистем. Мониторинг фитопланктона в значительной степени помогает выявить биологические последствия эвтрофикации, химического и термального загрязнения. На акваториях, подверженных антропогенному воздействию, нередко прослеживаются более или менее выраженные изменения сообществ планктонных микроводорослей. Такие изменения подробно описаны, например, для фитопланктона Амурского залива [Стоник, Орлова, 1998; Стоник, 1999; Stonik, Orlova, 2002]. По классификации трофности морских вод бух. Золотой Рог является экстремально-эвтрофной акваторией, бух. Сухопутная – умеренно-эвтрофной [Бегун, 2004, 2006].

Удобными объектами при оценке качества импактных водоемов являются и микроводоросли перифитона [Рябушко, Рябушко, 2001; Ревков, Неврова, 2004; Барина и др., 2006; Бегун, Рябушко, 2008б]. Отдельный интерес представляют сравнительные экологические исследования микроперифитона, мейо- и макробентоса, поскольку размеры микроводорослей на 2–3 порядка меньше и, следовательно, они характеризуются иной масштабностью распределения в биотопе, в том числе и под влиянием загрязнения [Петров и др., 2005].

3.1.1. Фитопланктон

В фитопланктоне бух. Сухопутной найдено 119 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей из 8 отделов: Bacillariophyta (75), Dinophyta (32), Chrysophyta (4), Euglenophyta (4), Chlorophyta (2), Cryptophyta (1), Raphidophyta (1) и Cyanophyta (1) (табл. 1, прил. 2). Фитопланктон бух. Золотой Рог оказался несколько богаче видами, главным образом за счет динофитовых водорослей. Всего здесь найден 131 вид и внутривидовой таксон микроводорослей: Bacillariophyta – 68, Dinophyta – 50, Chrysophyta – 5, Euglenophyta – 4, Raphidophyta – 2, Chlorophyta, Cryptophyta и Cyanophyta – по одному.

Среди диатомовых водорослей наиболее богатым видами оказался род *Chaetoceros* (17 и 20 видов и внутривидовых таксонов соответственно). Второе место по числу видов занимали динофитовые водоросли рода *Protoperidinium* (10 и 9 видов соответственно). Впервые для морей России найден *Oxyphysis oxytoxoides* Kofoid (Dinophyta), отмеченный в бух. Золотой Рог.

Уровень сходства видовых списков фитопланктона бухт Золотой Рог и Сухопутная довольно высок (около 78 %). При этом в фитопланктоне бух. Золотой Рог на уровне сходства 25–35 % можно выделить 3 комплекса микроводорослей (рис. 3-1). Первый весенне-летний комплекс включает в себя май и все летние месяцы; второй – осенний – все осенние месяцы и первую половину декабря; третий – зимне-весенний – зимние месяцы, март и апрель. В бух. Сухопутная на уровне 22–40 % выделяются 4 таких комплекса (рис. 3-1). Первый, весенне-летний комплекс включает в себя май, июнь и июль; второй – летне-осенний – месяцы с

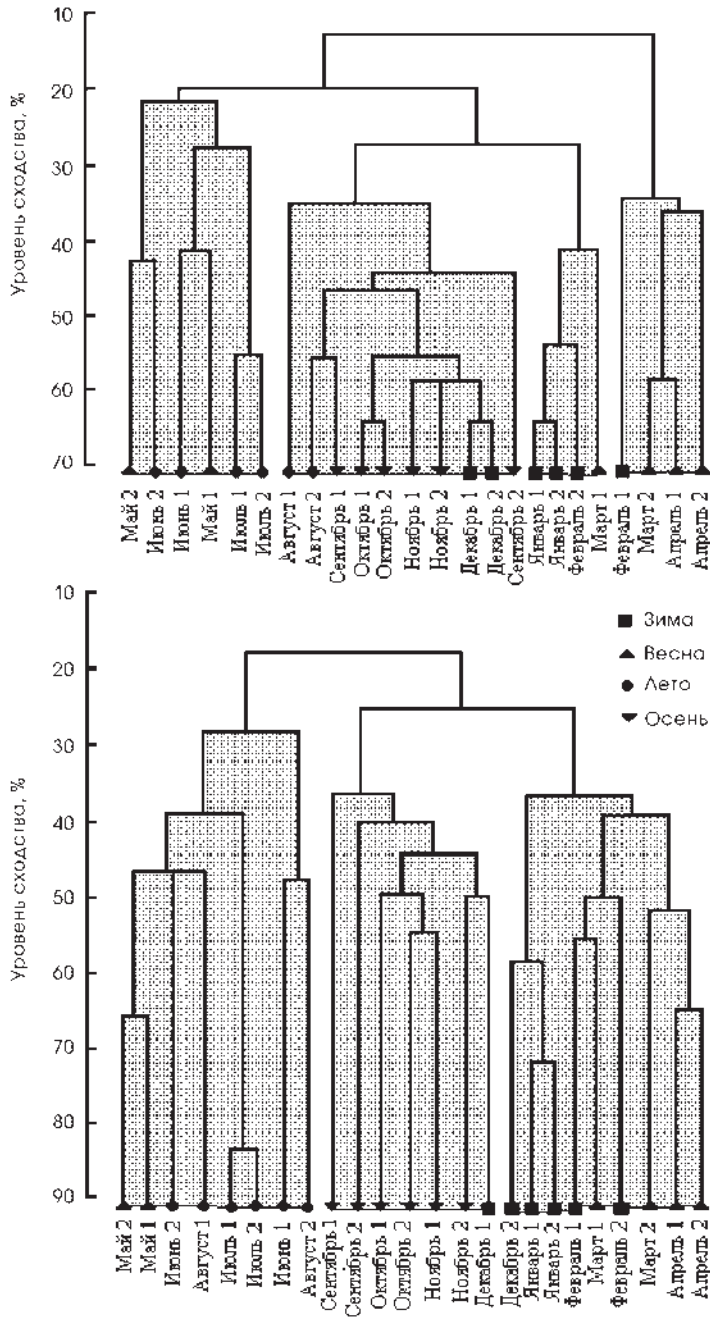


Рис. 3-1. Дендрограмма сходства качественного состава фитопланктона в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в 2001-2002 гг. (соответственно сверху и внизу). По шкале – уровень сходства, %. Расположение комплексов (слева направо, заштрихованы): весенне-летний, осенний и зимне-весенний (бух. Золотой Рог) и весенне-летний, летне-осенний, зимний и ранневесенний (бух. Сухопутная)

августа по декабрь; третий – зимний – январь, вторую половину февраля и первую половину марта; четвертый – ранневесенний – первую половину февраля, вторую половину марта и апрель.

В каждом комплексе различаются специфические и характерные виды. К первым относятся микроводоросли, которые присутствовали только в определенный период времени; ко вторым – виды, которые могли встречаться в любое время года, но в один из периодов имели наибольшую частоту встречаемости. Комплексами с наиболее устойчивыми структурными характеристиками – самым высоким видовым богатством и наибольшим числом специфических видов – следует считать летне-осенний комплекс в Уссурийском заливе и осенний в бух. Золотой Рог (табл. 3-1). Для этих комплексов характерно максимальное видовое богатство фитопланктона. При этом максимальная плотность и биомасса фитопланктона в летне-осеннем и осеннем комплексах в Уссурийском заливе была обусловлена преимущественно диатомовыми, а в бух. Золотой Рог – жгутиковыми водорослями. Многие из специфических видов относились к редким, не достигающим значительного количественного развития видам, но существенно влияющим на видовое разнообразие сообщества. В летний период в обоих районах была заметна примесь бентических диатомовых водорослей родов *Licmophora*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Odontella*, тепловодных диатомовых (*Guinardia flaccida*) и динофитовых (*Oxytoxum* spp.).

Таблица 3-1

Некоторые характеристики сезонных комплексов фитопланктона бухт Сухопутная и Золотой Рог в 2001–2002 гг.

Сезонный комплекс	Число видов фитопланктона	Число специфических видов	Число доминирующих видов
Бухта Сухопутная			
Весенне-летний	37	9	35
Летне-осенний	86	14	59
Зимний	48	3	33
Ранневесенний	40	7	27
Бухта Золотой Рог			
Весенне-летний	54	6	50
Осенний	75	11	43
Зимне-весенний	56	6	35

К переходным комплексам микроводорослей, имеющим «размытые» границы и характеризующимся выраженными перестройками видовой структуры и более низким видовым богатством, можно отнести ранневесенний и зимне-весенний комплексы соответственно в бухтах Сухопутная и Золотой Рог (табл. 3-1). Исключение составляет зимне-весенний комплекс бух. Золотой Рог. Здесь, при низком видовом богатстве, количественные показатели практически полностью были обусловлены эвгленовыми водорослями на фоне крайней бедности диатомей. В зимних и зимне-весенних комплексах преобладали холодноводные виды, среди которых самыми обильными были диатомеи. В весенних и раннелетних комплексах наблюдался преимущественно смешанный состав водорослей и одновремен-

но в значительных количествах и различных сочетаниях встречались представители тепловодной и холодноводной флоры.

Общая плотность и биомасса фитопланктона в бух. Золотой Рог в течение года варьировала от 59 тыс. до 30,9 млн кл./л, биомасса – от 0,4 до 48 г/м³ (рис. 3-2, 3–3). Максимум плотности фитопланктона, вызванный «цветением» эвгленовой водоросли *Eutreptiella gymnastica* (30,6 млн кл./л и 18,1 г/м³) отмечен в первой половине апреля 2002 г. В марте доминировала эвгленовая водоросль *Eutreptia lanowii* (15,6 млн кл./л), во второй половине апреля – *Eutreptia globulifera* (1,6 млн кл./л). В первой половине мая отмечено новое увеличение плотности фитопланктона, вызванное «цветением» диатомей *Skeletonema costatum* (17,5 млн кл./л) и *Leptocylindrus minimus* (5,6 млн кл./л). Основу биомассы фитопланктона весной составляли и эвгленовые водоросли (14,5–29 г/м³).

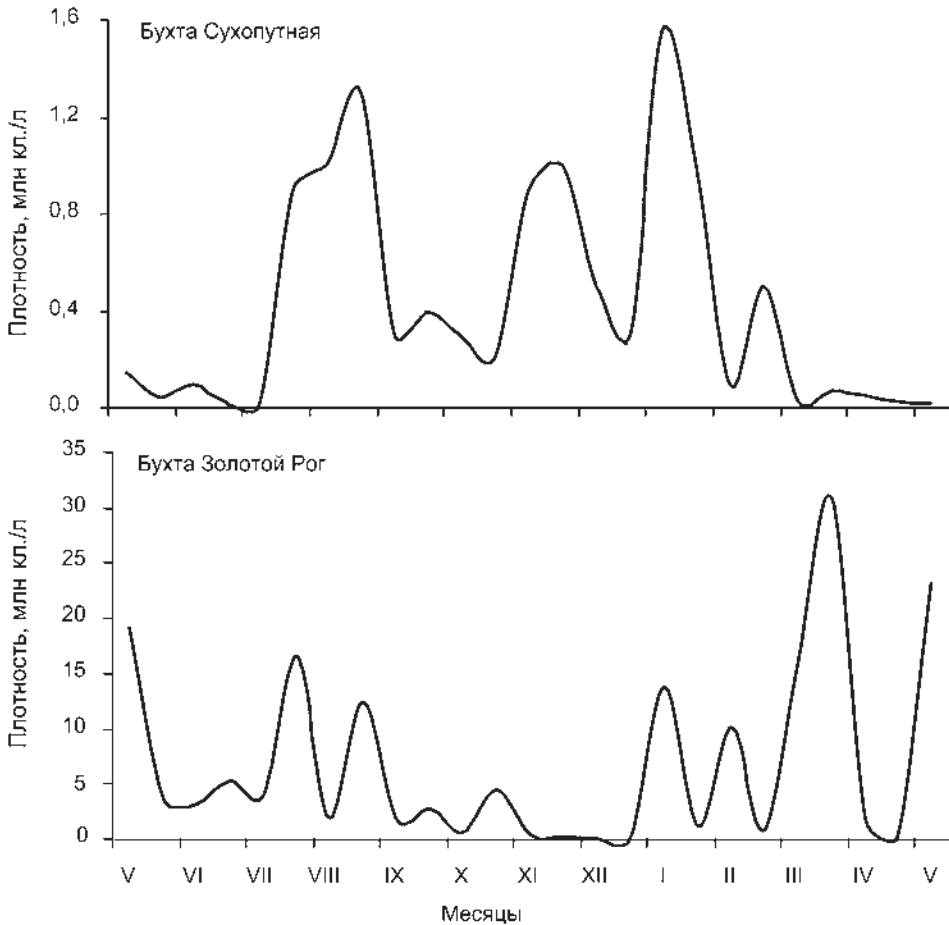


Рис. 3-2. Сезонная динамика плотности фитопланктона в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в 2001-2002 гг.

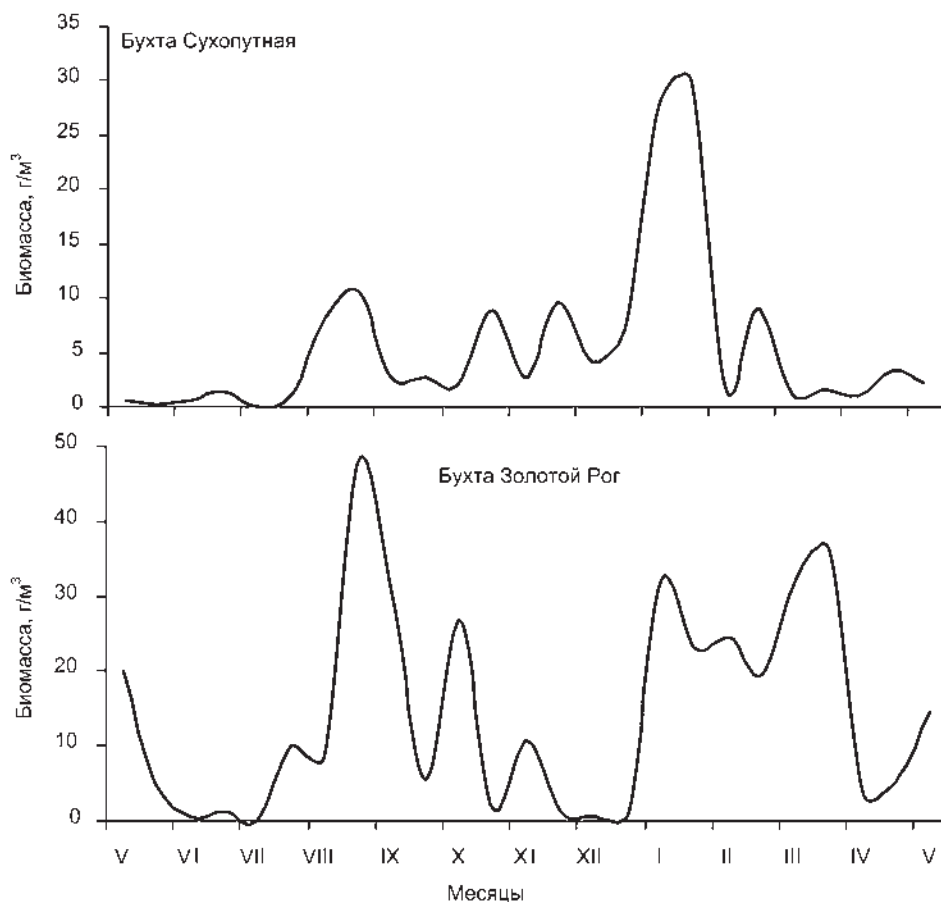


Рис. 3-3. Сезонная динамика биомассы фитопланктона в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в 2001-2002 гг.

Летом 2001 г. наибольшая плотность фитопланктона пришлась на первую половину августа, что было вызвано «цветением» «мелких жгутиковых» водорослей (15,7 млн кл./л). Максимум биомассы обуславливали диатомеи *Dactyliosolen fragilissimus* и *Ditylum brightwellii* (9 г/м³). В июне в фитопланктоне доминировала диатомовая водоросль *S. costatum* (3,5–3,1 млн кл./л), в первой половине июля – криптофитовая *Chroomonas* sp. (5,2 млн кл./л), а в его второй половине – эвгленовая *E. gymnastica* (3,3 млн кл./л). Осенью самым высоким был сентябрьский пик, вызванный в первой половине этого месяца диатомовыми водорослями *D. fragilissimus* и *Eucampia zodiacus* (2,9 млн кл./л), рафидофитовой *Chattonella globosa* (6,6 млн кл./л) и эвгленовой *E. lanowii* (1,5 млн кл./л), а во второй его половине – рафидофитовой *Heterosigma akashiwo* (1,2 млн кл./л). Одновременно наблюдалась максимальная биомасса (48,1 г/м³), обусловленная этими же видами и крупной динофитовой *Gyrodinium lachryma*. В первой половине октября в фитопланктоне

преобладали диатомовая водоросль *Leptocylindrus danicus* (2,9 млн кл./л) и золотистая *Chrysochromulina* sp. (1,5 млн кл./л), во второй половине месяца отмечен новый пик *C. globosa* (1,7 млн кл./л). В первой половине ноября, наряду с диатомеями *S. costatum* и *Thalassionema nitzschioides*, доминировали «мелкие жгутиковые» водоросли (3,7 млн кл./л), а в его второй половине отмечено «цветение» золотистой *Chrysochromulina* sp. (2,5 млн кл./л) и тех же жгутиковых (1,4 млн кл./л).

В период с декабря 2001 г. по первую половину января 2002 г. плотность микроводорослей существенно снизилась (до 59,6–166,8 тыс. кл./л). Фитопланктон был представлен исключительно диатомеями (*Th. nitzschioides*, *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros debilis* и *Chaetoceros pseudocrinitus*), составляющими более 90 % от общей плотности. Во второй половине января плотность фитопланктона увеличилась (13,8 млн кл./л), главным образом за счет двух последних видов, составляющих более 95 % общей численности. Высокая биомасса фитопланктона (32,2–22,8 г/м³) в январе и феврале была обусловлена диатомовыми водорослями *Thalassiosira nordenskiöldii*, *C. debilis* и *C. pseudocrinitus*. Высокая плотность микроводорослей, отмеченная во второй половине февраля, была вызвана «цветением» зеленой *Pyramimonas* sp. (10,8 млн кл./л) на фоне снижения плотности диатомей (355 тыс. кл./л).

В бух. Сухопутная общая плотность фитопланктона в течение года варьировала от 12 тыс. кл./л до 1,56 млн кл./л, биомасса – от 0,06 до 47,7 г/м³ (рис. 3-2, 3-3). Самая высокая плотность микроводорослей (1,56 млн кл./л) была отмечена во второй половине декабря 2001 г. Она обуславливалась главным образом массовым развитием диатомей *T. nordenskiöldii*, *C. debilis* и *C. pseudocrinitus*, в сумме составляющих более 90 % от общей плотности и более 98 % от биомассы фитопланктона. Эти виды доминировали в фитопланктоне со второй половине декабря по первую половину февраля (от 338 тыс. кл./л до 1,26 млн кл./л). В течение весеннего периода 2002 г. плотность фитопланктона была самой низкой за весь год и составляла 32–492 кл./л (рис. 3-3). Наиболее многочисленной была эвгленовая водоросль *E. lanowii*, ее плотность составила в марте 131 тыс. кл./л. В летний период (август) максимальная плотность фитопланктона (885–990 тыс. кл./л) достигалась преимущественно за счет диатомей *S. costatum*, *Chaetoceros* spp. и *L. danicus* (более 80 % от общей плотности). В это же время отмечена максимальная для летнего фитопланктона биомасса, обусловленная диатомеями *D. brightwellii* и *C. oculus iridis* (8,1 г/м³). Осенью (сентябрь) максимумы плотности и биомассы (1,3 млн кл./л и 10,6 г/м³) были вызваны *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *D. fragilissimus*, *S. costatum* и *Chaetoceros* spp. (более 80 % от плотности и 65 % от биомассы).

В течение периода исследований плотность и биомасса различных групп фитопланктона существенно различались. В Уссурийском заливе по плотности и биомассе доминировали диатомеи (составляющие 60–70 % от общей плотности) (рис. 3-4, 3-5). Исключение составляли вторая половина февраля, март и апрель, когда доля диатомей снижалась до 29–47 % на фоне низкой плотностью всего фитопланктона. В бух. Золотой Рог диатомовые водоросли были многочисленны только зимой (декабрь и январь) и во второй половине мая (более 90 % от общей плотности и более 80 % от биомассы) (рис. 3-4, 3-5). Остальное время года основу фитопланктона составляли жгутиковые водоросли.

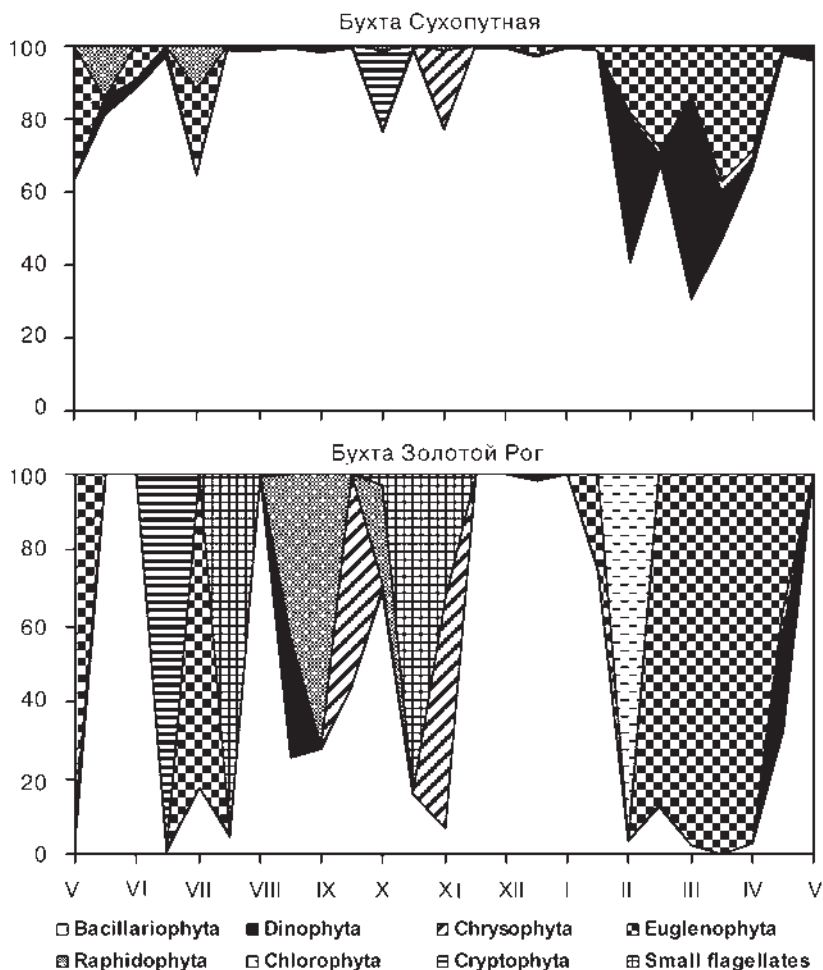


Рис. 3-4. Соотношения плотности различных групп фитопланктона в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в 2001-2002 гг. По шкале абсцисс – месяцы, по шкале ординат – доля от общей плотности, %

Среди жгутиковых водорослей в бух. Золотой Рог самыми многочисленными были эвгленовые, которые доминировали над диатомеями и почти полностью обуславливали весенний пик плотности и биомассы и параллельно с другими водорослями вносили значительный вклад в весенний и летний фитопланктон (рис. 3-4-3-6). Доля диатомей здесь в некоторые месяцы не превышала 1–5 % плотности и 1–10 % биомассы всего фитопланктона. Как исключение иногда летом и осенью отмечались кратковременные всплески плотности диатомей. Зимой в бух. Золотой Рог высокой плотности достигали зеленые и эвгленовые водоросли, летом – криптофитовые, эвгленовые, «мелкие жгутиковые», осенью – динофитовые, рафидофитовые и золотистые.

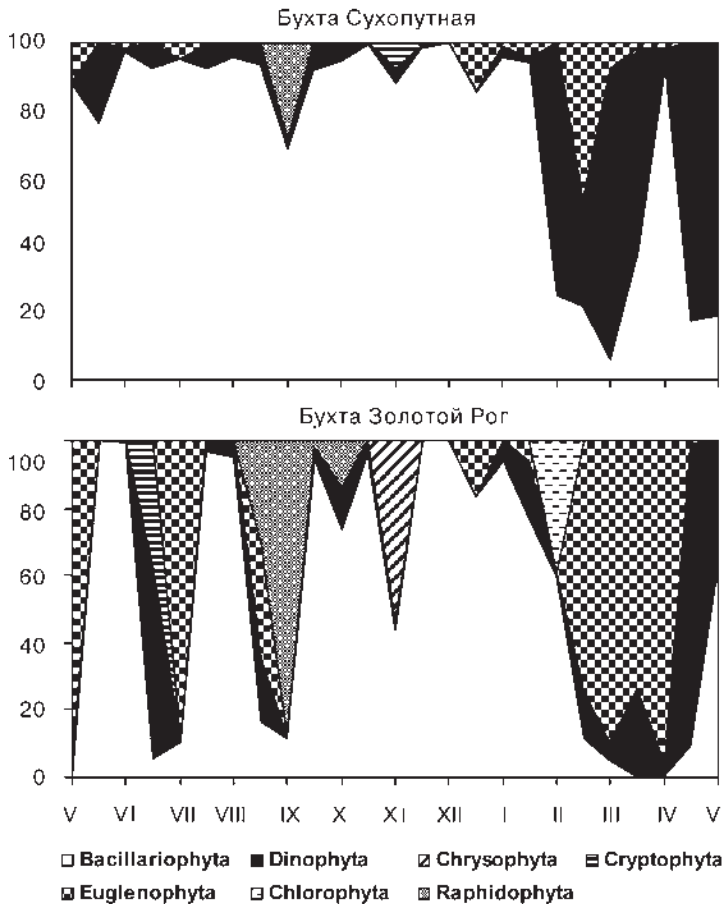


Рис. 3-5. Соотношения биомассы различных групп фитопланктона в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в 2001-2002 гг. По шкале абсцисс – месяцы, по шкале ординат – доля от общей биомассы, %

Плотность доминирующих и субдоминирующих видов фитопланктона в бух. Золотой Рог была на один–два порядка выше, чем в бух Сухопутная. Исключение составляла диатомея *T. nordenskioldii*, доминировавшая зимой и ранней весной. В Уссурийском заливе диатомовые водоросли обычно присутствовали в комплексе субдоминантов, и доля каждого вида редко превышала 20 % от общей плотности. Только в мае наблюдалось увеличение плотности диатомей преимущественно за счет одного *S. costatum* (более 95 %).

В бух. Золотой Рог плотность ряда микроводорослей почти в течение всего года достигала силы «цветения», составляя более 1 млн, а в некоторых случаях – более 10 млн кл./л. «Цветение» воды здесь вызывали диатомеи *D. fragilissimus*, *L. minimus*, *S. costatum*, рафидофитовые *C. globosa* и *H. akashiwo*, эвгленовые *E. globulifera*, *E. lanowii* и *E. gymnastica*, золотистая *Chrysochromulina* sp., криптофи-

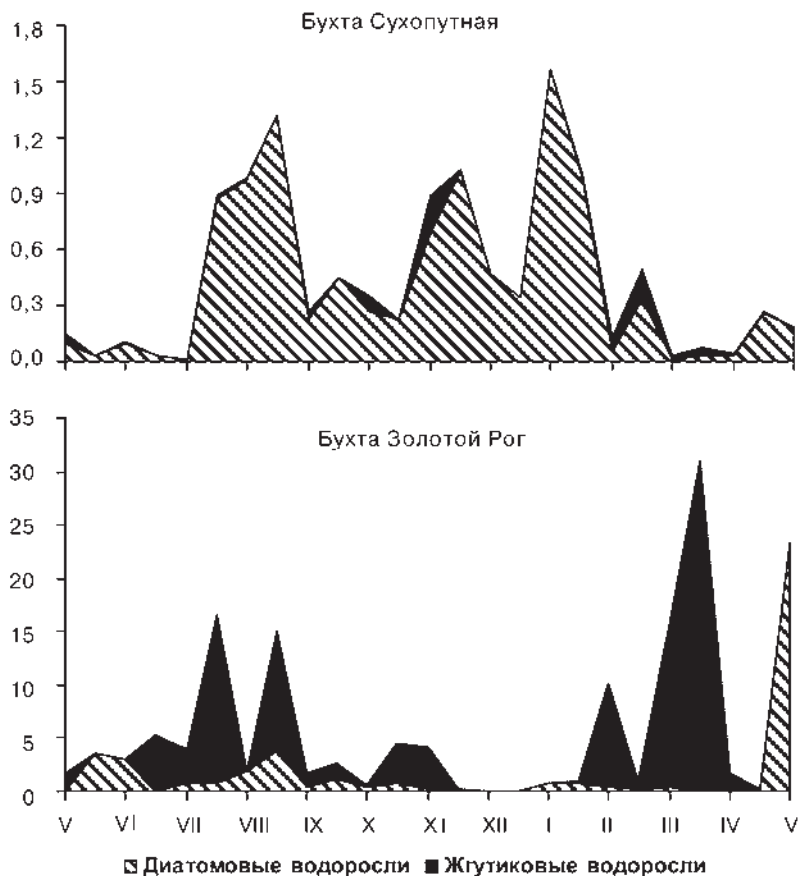


Рис. 3-6. Соотношения плотности диатомовых и жгутиковых водорослей в Уссурийском заливе и бух. Золотой Рог в 2001-2002 гг. По шкале абсцисс – месяцы, по шкале ординат – плотность, млн кл./л

товая *Chroomonas* sp., зеленая *Pyramimonas* sp. и водоросли из группы «мелких жгутиковых». В то же время в Уссурийском заливе плотность фитопланктона редко превышала 1 млн кл./л, а большую часть года была ниже 500 тыс. кл./л.

Бухта Золотой Рог характеризовалась минимальными значениями индекса Шеннона–Винера ($H=0,1-1,1$ бит/л) (рис. 3-7). Снижение видового разнообразия здесь совпадало с многочисленными «цветениями» и доминированием отдельных видов микроводорослей (низкие значения индекса Пиелу). Только в августе–ноябре индекс Шеннона–Винера был довольно высок ($H=2-3,3$ бит/л), преимущественно за счет одновременного массового развития нескольких видов фитопланктона. В Уссурийском заливе величины этого индекса были заметно выше, чем в бух. Золотой Рог на протяжении почти всего периода наблюдений ($H=2-4,3$ бит/л), и только в августе его значения снижались ($H=1,2$) на фоне сравнительно низкой общей плотности микроводорослей (рис. 3-8).

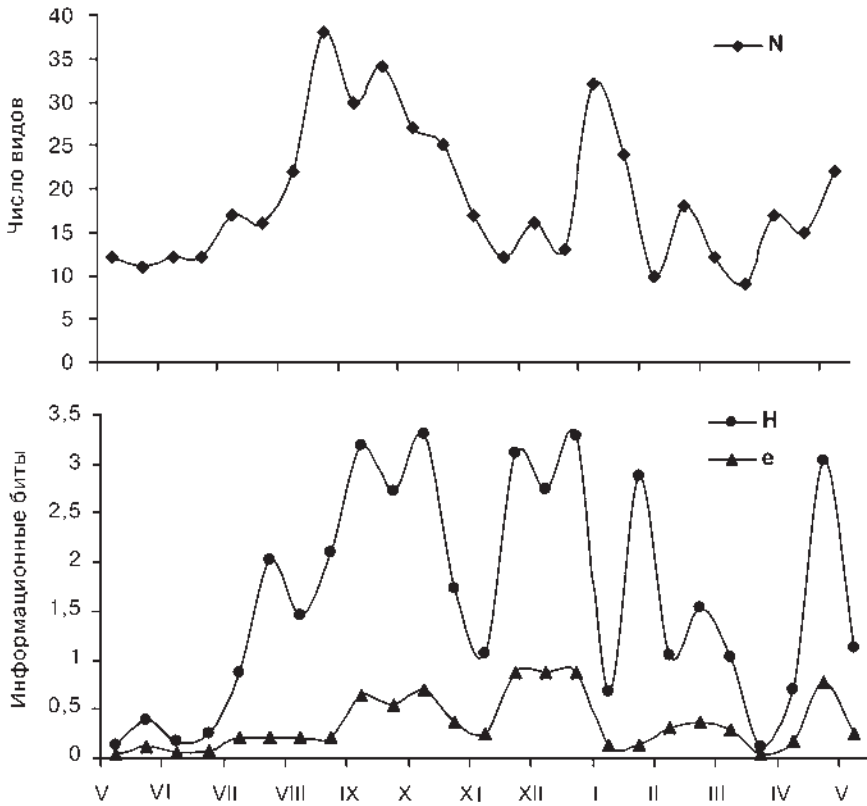


Рис. 3-7. Изменение числа видов, индекса видового разнообразия и выравненности фитопланктона в бухте Золотой Рог в 2001-2002 гг. По оси абсцисс: месяцы; по осям ординат: *S* - число видов, *H* - индекс Шеннона, *e* - индекс Пielou

Воды Уссурийского залива на основании суммарных данных по фитопланктону следует охарактеризовать как эвтрофные или умеренно-эвтрофные, а воды бух. Золотой Рог – как экстремально-эвтрофные (табл. 3-2). Почти такой же вывод следует и из анализа присутствия и плотности видов-индикаторов, и прежде всего *S. costatum*.

Бухта Золотой Рог давно потеряла свое рыбохозяйственное, рекреационное и эстетическое значение, а ее экологическое состояние в настоящее время оценивается как «катастрофическое». Это состояние осложнено термальным загрязнением в результате сброса в море вод, прошедших через системы водяного охлаждения ВТЭЦ-2. С момента пуска электростанции вода в бух. Золотой Рог перестала замерзать, и температура воды здесь не опускается ниже 0°C, превышая этот среднегодовой показатель для Амурского залива на 1–2,5°C. Термальное загрязнение относится ко второй по вредности категории факторов загрязнения моря и приводит не только к повышению температуры природных вод в районе сброса, но и к уменьшению их насыщенности кислородом, понижению вязкости, интенсивному

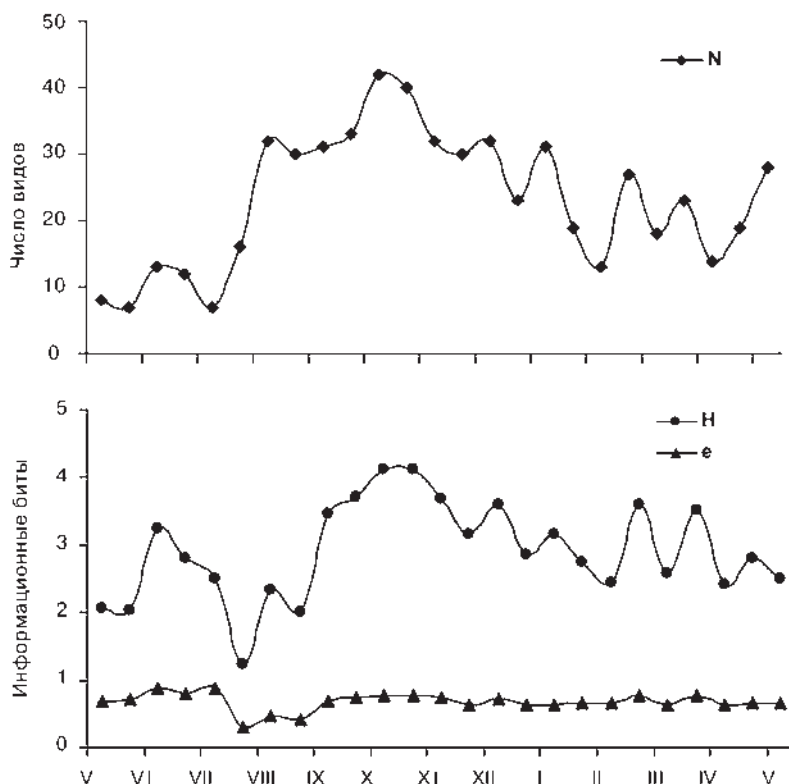


Рис. 3-8. Изменение числа видов, индекса видового разнообразия и выравнинности фитопланктона в бух. Сухопутная в 2001-2002 гг. Обозначения как на рис. 3-7

осадкообразованию, смещению гидрологических сезонов в поверхностных слоях (т.е. ненормальному удлинению гидрологического лета) [Звягинцев, Будникова, 2003].

В период работ в бух. Золотой Рог отмечены низкая прозрачность воды, неблагоприятные кислородные условия (значения окислительно-восстановительного потенциала <0), вдвое меньшее, чем в бух. Сухопутная, содержание растворенного кислорода и карбонат-ионов [Корякова и др., 2002; 2003]. Кроме того, здесь наблюдались в 2–2,5 раза более высокая концентрация органического вещества и нефтеуглеводородов, повышенный уровень токсических соединений и тяжелых металлов. Плотность сапрофитных и нефтеокисляющих бактерий достигала соответственно 63,7 и 14,1 тыс. кл./мл, что в 14 раз больше их концентрации в бух. Сухопутная. Перифитон бух. Золотой Рог был богаче и по количеству гнилостных анаэробов, что также указывает на существенное органическое загрязнение этой акватории. Об эвтрофировании бух. Золотой Рог свидетельствуют и крайне высокие концентрации фосфатов (около 100 мкг/л), нитратов (230 мкг/л), аммония (273 мкг/л) [Tkalin et al., 1993]. При этом загрязнение воды хозяйственно-

Трофность вод в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в 2001–2002 гг.

Характеристика	Бухта Сухопутная				Бухта Золотой Рог			
	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима
Весь фитопланктон								
N	0,49	0,99	1,32	1,57	30,9	16,5	12,4	13,8
T	E	E	E	E	EE	EE	EE	EE
Виды-индикаторы трофности вод								
<i>Skeletonema costatum</i>								
N	0,11	0,7	0,14	0,25	17,5	3,5	0,52	—
T	E	E	E	E	EE	E	E	—
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>								
N	—	—	0,5	—	—	0,4	1,4	—
T	—	—	E	—	—	E	E	—
<i>Leptocylindrus danicus</i>								
N	—	—	—	—	—	—	2,96	—
T	—	—	—	—	—	—	E	—
<i>L. minimus</i>								
N	—	—	—	—	5,6	—	—	—
T	—	—	—	—	E	—	—	—
<i>Thalassionema nitzschioides</i>								
N	—	—	0,16	0,17	—	—	0,3	—
T	—	—	E	E	—	—	E	—
<i>Chaetoceros debilis</i>								
N	—	—	—	0,13	—	—	—	1,01
T	—	—	—	E	—	—	—	E
<i>Eucampia zodiacus</i>								
N	—	—	—	—	0,14	—	0,8	—
T	—	—	—	—	E	—	E	—

Примечание. N – максимальная плотность, млн кл./л; T – уровень трофности вод (E – эвтрофные воды, EE – экстремально эвтрофные); прочерк – вид отсутствовал или не доминировал по плотности в планктоне.

бытовыми стоками привело к тому, что биологическое потребление кислорода (БПК) в несколько раз превышает санитарные нормы [Огородникова, 2001; Корякова и др., 2003].

В результате в фитопланктоне бух. Золотой Рог по сравнению с бух. Сухопутная, на фоне значительно большей общей плотности чаще и в большем количестве регистрировались виды-индикаторы эвтрофикации. В целом воды бух. Золотой Рог следует охарактеризовать как экстремально-, а бух. Сухопутная – умеренно-эвтрофные. По соседству с последней, в бух. Соболев, в диатомовом эпифитоне в летне-осенний период среди видов с известной сапробностью преобладают β-мезосапробионты, что свидетельствует о невысокой степени загрязнения воды [Левченко, Бегун, 2008]. Это загрязнение, вероятно, во многом обусловлено под-

током вод из бух. Горноста́й, на берегах которой расположена городская свалка, и собственными промышленными и бытовыми стоками этого района Владивостока [Belan et al., 2003; Белан и др., 2007].

Сравнение полученных результатов с литературными данными показывает довольно высокий уровень сходства сезонных комплексов фитопланктона, которые в значительной степени соответствуют биологическим сезонам, установленным ранее для зал. Петра Великого и сопредельных акваторий [Мещерякова, 1960; Коновалова, 1984; Коновалова, Орлова, 1988; Орлова, 1990; Селина, 1988, 1998; Бегун и др., 2003; и др.]. Это выражается в приуроченности одних и тех же видов к определенным сезонам, видовом богатстве сообществ микроводорослей и их количественных показателях в пределах каждого комплекса. Отсутствие в фитопланктоне бух. Золотой Рог зимнего комплекса, по-видимому, свидетельствует о неблагоприятных условиях для вегетации здесь микроводорослей в зимний период, что определяется прежде всего специфическими условиями этого района и преимущественно термальным загрязнением. Как показали исследования в зал. Восток, зимний комплекс может в теплую зиму отсутствовать или иметь значительное сходство с осенним или весенним комплексом микроводорослей [Селина, 1998]. Литературные данные по биологическим сезонам и количественному соотношению фито- и зоопланктона, полученные А.П. Кусморской [1949] и И.М. Мещеряковой [1960], также связывают наличие зимнего комплекса микроводорослей с гидрологическими условиями водных масс в течение разных лет, и главным образом с температурой воды.

В Уссурийском заливе сезонная динамика фитопланктона согласуются с данными М.С. Селиной [1988], ранее полученными для этого района, подчиняясь общей закономерности развития этих организмов в заливах и бухтах южного Приморья. Кроме того, она соответствует и их динамике в некоторых районах Амурского залива, не испытывающих значительной антропогенной нагрузки [Коновалова, 1972, 1974; Стоник, 1999; Бегун и др., 2003]. Сезонная динамика фитопланктона бух. Золотой Рог значительно отличалась от таковой в бух. Сухопутная. Здесь, наряду с высокой плотностью диатомей, в фитопланктоне преобладали жгутиковые водоросли. При этом обилие фитопланктона в импактном районе на один-два порядка превышало таковое на фоновой акватории. При этом термальное загрязнение бух. Золотой Рог проявляется в сдерживании развития массовых видов. Например, здесь не наблюдается доминирования диатомеи *T. nordenskiöldii* в зимне-весеннем фитопланктоне. Известно, что максимальное развитие этого вида часто совпадает с ледоставом и наблюдается только в холодные зимы [Паутова, 1987].

Следует подчеркнуть, что обилие некоторых видов микроводорослей в бух. Золотой Рог достигало силы «цветения» и значительно (на один-два порядка) превосходило таковое в бух. Сухопутная. Кроме того, сравнение наших и литературных данных показало увеличение концентрации фитопланктона в бух. Золотой Рог (максимум – 30,9 млн кл./л против ранее установленного 8 млн кл./л). В нашем случае наибольшей плотностью характеризовался весенний пик, почти полностью обусловленный евгленовыми водорослями (преобладали *E. gymnastica*, *Eutreptia globulifera* и *E. lanowii*), составляющими в отдельные месяцы более

96 % от общей плотности и биомассы фитопланктона. Массовое весеннее развитие диатомеи *S. costatum* превосходило летнее «цветение» этого вида. В то же время, согласно литературным данным, ранее наиболее выраженным был летний пик, вызываемый преимущественно *S. costatum* и значительно превосходящий осенний и весенний максимумы [Стоник, Орлова, 1998; Стоник, 1999]. *S. costatum* – факультативный гетеротроф, достигающий массового развития в наиболее загрязненных высокоевтрофных прибрежных водах зал. Петра Великого, Внутреннего Японского и Черного морей и восточной Канады [Izuka, 1985; Han et al., 1992; Bodeanu, 1995; Стоник, Селина, 1995; Pan, Subba Rao, 1997; Стоник, 1999].

Впервые высокие концентрации микроводорослей, сопоставимые с нашими данными, были отмечены в гиперевтрофированных районах Черного [Mihnea, 1992, 1997; Bodeanu, 1995, Velikova, 1998], Адриатического [Vilicic, 1989], Северного [Auge et al., 2001] и внутреннего Японского [Izuka, 1985] морей. В Амурском заливе рост обилия фитопланктона наиболее выражен в районах, испытывающих максимальную антропогенную нагрузку [Стоник, Селина, 1995; Стоник, 1999]. В полужакрытом гиперевтрофном водоеме в черте г. Владивостока (вблизи устья р. Вторая Речка) также наблюдались экстремально высокие количественные показатели микроводорослей [Бегун и др., 2004].

Другим проявлением антропогенного евтрофирования и гиперэвтрофирования многие авторы считают увеличение частоты и интенсивности «цветений» микроводорослей [Cadee, 1990; Smayda, 1998; Коновалова, 1992а; Михеева, 1992; Hallegraef, 1993]. Поэтому увеличение количества пиков плотности микроводорослей в бух. Золотой Рог по сравнению с фоновым районом – скорее всего, результат роста трофности этого водоема.

Эвгленовые водоросли используют в качестве биологических индикаторов загрязнения воды органическими веществами, поскольку многие их виды – облигатные гетеротрофы [Унифицированные..., 1977; Bodeanu, 1995; Водоросли-индикаторы..., 2000]. Увеличение видового богатства и обилия эвгленовых некоторые авторы рассматривают как следствие эвтрофирования [Саут, Уиттик, 1990; Трифонова, 1990]. Известно также, что характерной особенностью сукцессий микроводорослей в высокоевтрофных морских регионах является более или менее резкий переход от диатомового планктонного сообщества к жгутиковому [Виноградова и др., 1986; Vode, Fernandez, 1992]. В Амурском заливе эвгленовые водоросли доминируют только в районах промышленного загрязнения, их максимальная концентрация, отмеченная ранее в бух. Золотой Рог, была значительно выше, чем, например, в относительно чистом зал. Восток [Стоник, Селина, 2001]. Поэтому неудивительно, что самой обильной и круглогодично преобладающей в фитопланктоне группой микроводорослей в бух. Золотой Рог были эвгленовые, плотность которых на порядок превышала их количественные показатели, установленные для других районов зал. Петра Великого.

Рафидофитовая водоросль *H. akashiwo* известна как вид, вызывающий «цветение» воды в Амурском заливе, в Авачинской губе и у побережья Японии [Коновалова, 1992 б; Izuka, 1985; Red tide..., 1990; Smayda, 1998; Gregorio, Connell, 2001; Lewitus et al., 2003]. В прибрежных водах Владивостока вблизи сбросов сточных вод концентрация *H. akashiwo* может достигать нескольких сотен милли-

онов клеток на литр [Бегун и др., 2004]. Рост частоты и интенсивности массового развития рафидофитовых водорослей рода *Chattonella* свидетельствует о высокой эвтрофированности прибрежных вод [Коновалова, 1992а; Smayda, 1998]. Многочисленные исследования красных приливов, вызванных видами рода *Chattonella*, показали прямую зависимость «цветения» этих видов от количества биогенных соединений, поступающих с неочищенными промышленными и бытовыми стоками [Hallegraeff, 1993; Lewitus et al., 2003]. В нашем исследовании рафидофитовые водоросли (*H. akashiwo* и *C. globosa*) достигали высокой плотности только в бух. Золотой Рог.

Для высокопродуктивных районов Мирового океана общеизвестна тенденция к снижению видового разнообразия фитопланктона, что широко используется при интерпретации действия эвтрофирования на планктонные сообщества [Colombo et al., 1992; Vollenweider et al., 1992; Karydis, 1996]. Снижение индекса видового разнообразия – результат преимущественного развития 1–3 видов организмов, доля которых может превышать 90 % от всей плотности сообщества [Whilm, 1967]. При дальнейшем увеличении трофности число видов в сообществе постепенно снижается, и в сильно загрязненных гиперэвтрофных водоемах становится минимальным [Mihnea, 1992; Водоросли-индикаторы..., 2000].

Эта тенденция отчетливо проявляется и в фитопланктоне бух. Золотой Рог. При этом в ряде случаев снижение индексов Шеннона–Винера и Пиелу было сопряжено с «цветением» диатомовой водоросли *S. costatum*, в другое время – с массовым развитием жгутиковых водорослей *E. lanowii*, *C. globosa*, *H. akashiwo* и *Chrysochromulina* sp. Но их максимальное уменьшение отмечено при весеннем «цветении» эвгленовой водоросли *E. gymnastica*, абсолютно доминирующей над остальным фитопланктоном. В то же время в Уссурийском заливе видовое разнообразие фитопланктона в течение года было значительно выше на фоне более низкой плотности видов-индикаторов трофности вод.

Таким образом, сравнение полученных результатов мониторинга фитопланктона фонового и импактного районов показало их значительные отличия в течение всего периода исследования. Сезонная динамика фитопланктона бух. Золотой Рог в целом соответствовала наиболее загрязненным высоко-эвтрофным прибрежным морским акваториям, а отмеченные здесь особенности в развитии фитопланктона во многом являются следствием гиперэвтрофирования и термального загрязнения вод этой акватории. Кроме того, следует отметить специфические условия, которые создаются в водах этой акватории. Изолированность бухты обеспечивает стабилизацию водной толщи, которая рассматривается как важнейший физический фактор, благоприятствующий массовому развитию микроводорослей [Коновалова, 1992б]. Стабильность водной толщи, наряду с гиперэвтрофированием, способствует «цветению» микроводорослей в течение всего года. В результате в бух. Золотой Рог прослеживается увеличение общей плотности фитопланктона и количества пиков развития микроводорослей по сравнению с фоновым районом; общая плотность жгутиковых водорослей здесь в несколько раз выше, чем в Уссурийском заливе; разнообразие доминирующих видов фитопланктона, среди которых преобладают эвгленовые водоросли, заметно больше, чем в бух. Сухопутная, а снижение видового разнообразия фитопланктона в весен-

ний период обусловлено преимущественно «цветением» эвгленовой водоросли *E. gymnastica*.

3.1.2. Перифитон

Микроводоросли перифитона обычно представлены подвижными и прикрепленными, одиночными и колониальными диатомеями. На предметах, попавших в море, они вместе с бактериями образуют слизистую пленку, которая является первой фазой сукцессии морского обрастания и способствует последующему заселению субстрата различными гидробионтами [Ковальчук, 1996; Неврова, Шадрин, 2005; Ковалева, 2006]. При этом целый ряд видов планктонных диатомей, например *Chaetoceros decipiens*, *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Melosira moniliformis*, *Nitzschia longissima*, *S. costatum* и др., также могут участвовать и в формировании первичной пленки.

В перифитоне и эпибиозах экспериментальных пластин районов исследования обнаружено 92 вида микроводорослей, из них в бух. Сухопутная – 86, в бух. Золотой Рог – 66 (прил. 2, табл. 2). Общими оказались 56 видов (сходство – 60,9 %). Среди найденных видов 11 были встречены только в бух. Золотой Рог и 26 – только в бух. Сухопутная. Общих видов микроводорослей фитопланктона и перифитона, включая эпибиозы, – 23 (сходство – 12,2 %)

Впервые в российских водах Японского моря обнаружено 6 видов диатомовых водорослей – *Amphora caroliniana*, *Falcula media* var. *subsalina*, *Gyrosigma tenuissimum*, *Nitzschia hybrida* f. *hyalina* и *Ardissonea crystallina* (только в эпибиозах макрообрастания) (табл. 3-3; подробнее см. главу 5). Среди них первые два вида в 2001 г. были найдены только в бух. Золотой Рог, а *Nitzschia vermicularis* – только в бух. Сухопутная.

Таблица 3-3

Новые для российских вод Японского моря диатомовые водоросли (бухты Золотой Рог и Сухопутная, летне-осенний период в 2001 г.)

Время нахождения	Плотность, тыс. кл./м ²	Биомасса, мг/м ²	Длина и ширина клетки (мкм)
<i>Amphora caroliniana</i> Giffen			
Октябрь 2001 г.	4800	2,3	18–22; 12–14
<i>Ardissonea crystallina</i> (Agardh) Grunov			
Август, 2001 г.	0,006	0,057	220–380
<i>Falcula media</i> Voigt var. <i>subsalina</i> Proschk.-Lavr.			
Октябрь, 2001 г.	0,002	0,04	60–100; 6–12
<i>Gyrosigma tenuissimum</i> (W. Sm.) Griffith et Henfrey			
Август, 2001 г.	0,03	0,23	110–120; 5–6
<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Proschk.-Lavr.			
Июль 2001 г.	13,6	0,57	58–80; 8–10
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kutz.) Hantzsch ex Rabenh.			
Ноябрь 2001 г.	0,006	0,02	200–240; 6–7

Ниже рассматриваются состав, структура поселений и динамика микроводорослей перифитона и эпибиозов макрообрастания на экспериментальных пластинах, синхронно экспонированных в бухтах Золотой Рог и Сухопутная летом-осенью 2001 г.

3.1.2.1. Сезонная динамика оседания микроводорослей перифитона

В летне-осенний период 2001 г. на пластинах, экспонированных в исследованных акваториях, было обнаружено 74 вида и внутривидовых таксона микроводорослей из отделов Bacillariophyta (67 таксонов), Dinophyta (5) и Chrysophyta (2) (прил. 2, табл. 2). В отделе Bacillariophyta наибольшее число таксонов относится к классу Bacillariophyceae (64 % от общего количества диатомовых). Классы Coscinodiscophyceae и Fragilariophyceae представлены в меньшей степени (23 и 14 % соответственно). По числу видов доминировали диатомеи родов *Nitzschia* (6 видов), *Navicula* (5) и *Amphora* (5), всего 40 родов. Динофитовые водоросли представлены 3 родами – *Dinophysis*, *Prorocentrum*, *Protoperdinium*, а золотистые – только одним родом *Dictyocha*.

Диатомовые водоросли, обнаруженные в перифитоне исследуемых акваторий, представлены подвижными и неподвижными формами (91,8 и 8,2 %), которые, в свою очередь, были одиночными и колониальными (57,5 и 42,4 %) (прил. 2, табл. 2). Среди найденных микроводорослей около 20 видов относятся к типичным эпифитам и обрастателям, развивающимся на макрофитах или твердых субстратах. Остальные принадлежат либо к грунтовой флоре (эпипсаммону и эпипелону), либо к формам, осевшим из фитопланктона. В целом по отношению к местообитанию найденные виды являются бентосными (52 % от общего количества видов), бентосно-планктонными или тихопелагическими (25 %) и фитопланктонными (23 %) (прил. 2, табл. 2).

По отношению к солености доминируют морские (64 %), морские и солоноватоводные (25 %) формы, по отношению к активной реакции среды – алкалофилы (96 %). В фитогеографическом аспекте преобладают широко распространенные виды-космополиты и бореальные виды (50 и 27 %). Индикаторами органического загрязнения оказались 21 вид. Среди них наибольшее число относится к мезосапробной группе, α - и β -мезосапробионтам (4 и 15 видов), индикаторам соответственно умеренно загрязненных и загрязненных вод. Среди индикаторов условно чистых вод отмечены олигосапробионты и ксеноолигосапробионты (4 и 1).

Средняя плотность перифитона на пластинах в период исследования составила $5,5 \pm 1,5$ млн кл./м², биомасса – $10,4 \pm 3,1$ мг/м². Чаще других видов встречались *Pleurosigma naviculaceum* (87,5 %), *Cylindrotheca closterium*, *Licmophora abbreviata* и *Parlibellus delognei* (79,2 %), *Grammatophora marina* (75,0 %), *Navicula* sp., *Amphora angusta* (70,8 %) и *M. moniliformis* (66,7 %). В численном отношении преобладал *Fragilaria striatula* ($1,4 \pm 1,0$ млн кл./м² или 26,4 %, встречаемость 45,8 %), *Navicula* sp. и *C. closterium* занимали субдоминантное положение ($0,9 \pm 0,4$ и $0,8 \pm 0,3$, или 16,8 и 14,1 %).

По биомассе абсолютно доминировал *Bacillaria paxillifer* ($1,6 \pm 1,3$ мг/м² и 15,6 %, встречаемость 12,5 %), следующие за ним *P. naviculaceum* и *F. striatula*

Пример вариаций плотности микроводорослей перифитона на экспериментальных пластинах, экспонировавшихся в течение 15 суток в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в июне 2001 г.

Вид	Плотность, кл./м ²			\bar{X} , клеток/м ²	SE	Δ, %
	Проба 1	Проба 2	Проба 3			
Бухта Сухопутная						
<i>Amphora</i> sp.	0	200	400	200	115	58
<i>Cocconeis costata</i>	24000	16000	18000	19333	2404	12
<i>Cocconeis scutellum</i>	1200	1400	1200	1267	67	5
<i>Diploneis smithii</i>	400	0	0	133	133	100
<i>Fragilaria striatula</i>	19200000	20000000	20000000	19733333	266667	1
<i>Grammatophora marina</i>	16000	24000	24000	21333	2667	13
<i>Licmophora abbreviata</i>	720000	520000	440000	560000	83267	15
<i>Melosira moniliformis</i>	2400	400	200	1000	702	70
<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i>	52000	72000	72000	65333	6667	10
<i>Navicula</i> sp.	160000	240000	280000	226667	35277	16
<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	200	3600	2000	1933	982	51
<i>Odontella aurita</i>	440000	360000	320000	373333	35277	9
<i>Parlibellus delognei</i>	28000	24000	20000	24000	2309	10
<i>Pleurosigma elongatum</i>	24800	28000	24000	25600	1222	5
<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	0	400	200	200	115	58
<i>Tabularia fasciculata</i>	800000	960000	1000000	920000	61101	7
Бухта Золотой Рог						
<i>Achnanthes brevipes</i>	0	200	0	67	67	100
<i>Amphora proteus</i>	0	200	0	67	67	100
<i>Chaetoceros decipiens</i>	0	0	1600	533	533	100
<i>Cocconeis costata</i>	4800	6800	0	3867	2018	52
<i>Fragilaria striatula</i>	64000	160000	22000	82000	40841	50
<i>Grammatophora marina</i>	2400	400	800	1200	611	51
<i>Licmophora abbreviata</i>	3400	4800	600	2933	1235	42
<i>Melosira moniliformis</i>	52000	128000	80000	86667	22191	26
<i>Navicula retusa</i> var. <i>cancellata</i>	0	200	0	67	67	100
<i>Navicula</i> sp.	120000	100000	60000	93333	17638	19
<i>Odontella aurita</i>	0	1200	400	533	353	66
<i>Pleurosigma elongatum</i>	0	400	0	133	133	100
<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	0	0	400	133	133	100
<i>Tabularia fasciculata</i>	32000	48000	52000	44000	6110	14

Примечание. \bar{X} – средняя численность, SE – стандартная ошибка, $\Delta = (\bar{X} / SE) \cdot 100$.

Таблица 3-5

Изменчивость некоторых общих характеристик поселений микроводорослей на экспериментальных пластинках, экспонировавшихся в течение 15 суток в различных районах зал. Петра Великого в 2000–2001 гг.

Вид	Проба 1	Проба 2	Проба 3	\bar{X}	SE	Δ , %
Амурский залив, о. Русский, бух. Рында, октябрь 2000 г.						
Плотность, млн клеток/м ²	40,1	48,8	41,7	43,7	2,6	6
Биомасса, мг/м ²	–	–	–	–	–	
Индекс Шеннона–Винера, бит/м ²	1,140	1,438	1,367	1,315	0,090	7
Индекс Пиелу, бит/м ²	0,369	0,436	0,415	0,407	0,020	5
Бухта Золотой Рог, точка 1, октябрь 2000 г.						
Плотность, млн клеток/м ²	128,1	109,5	130,4	122,7	6,6	5
Биомасса, мг/м ²	–	–	–	–	–	
Индекс Шеннона–Винера, бит/м ²	0,293	0,371	0,351	0,339	0,023	7
Индекс Пиелу, бит/м ²	0,106	0,131	0,124	0,120	0,008	6
Бухта Золотой Рог, точка 2, октябрь 2000 г.						
Плотность, млн клеток/м ²	393,1	286,2	302,5	327,3	33,3	10
Биомасса, мг/м ²	–	–	–	–	–	
Индекс Шеннона–Винера, бит/м ²	1,384	0,587	0,463	0,811	0,289	36
Индекс Пиелу, бит/м ²	0,479	0,190	0,152	0,274	0,103	38
Уссурийский залив, бух. Сухопутная, июнь 2001 г.						
Плотность, млн клеток/м ²	21,5	22,3	22,2	22,0	0,2	<1
Биомасса, мг/м ²	23,6	30,0	28,3	27,3	1,9	7
Индекс Шеннона–Винера, бит/м ²	0,498	0,320	0,329	0,383	0,058	15
Индекс Пиелу, бит/м ²	0,189	0,121	0,125	0,145	0,022	15
Бухта Золотой Рог, точка 1, июнь 2001 г.						
Плотность, млн клеток/м ²	0,28	0,45	0,22	0,32	0,07	22
Биомасса, мг/м ²	0,37	0,71	0,38	0,48	0,07	13
Индекс Шеннона–Винера, бит/м ²	1,427	1,448	1,393	1,423	0,016	1
Индекс Пиелу, бит/м ²	0,734	0,583	0,634	0,650	0,044	7

Примечание. \bar{X} – средняя численность, SE – стандартная ошибка, $\Delta=(SE/\bar{X})\cdot 100$; прочерк – данные отсутствуют.

по этому показателю существенно ему уступали ($1,0\pm 0,7$ и $0,9\pm 0,6$ мг/м²; 9,3 и 9,1 %). В целом видовое разнообразие исследованных акваторий было относительно невелико на фоне слабой выравненности распределения видов по рангам ($H=1,74\pm 0,12$ и $e=0,47\pm 0,03$ бит/м²).

Минимальная изменчивость плотности поселений была характерна главным образом для тех видов микроводорослей, которые на период отбора проб были доминантными. Причем чем выше у таких видов была относительная плотность, тем меньше – вариабельность ее абсолютных величин (табл. 3-4). Следует подчер-

кнуть, что вариации общих показателей – биомассы и плотности, экологических индексов – также весьма невелики: стандартная ошибка не превысила 38 %, изменяясь главным образом в пределах 5–15 % (табл. 3-5).

В бух. Золотой Рог отмечено 50 видов микроводорослей, в бух. Сухопутная – 65. Общим для обеих акваторий оказался 41 вид (55,4 %) преимущественно широко распространенных эврибионтных диатомей родов *Coscinodiscus*, *Melosira*, *Ditylum*, *Eucampia*, *Leptocylindrus*, *Skeletonema*, *Thalassionema*. В целом флора микроводорослей пластин из бух. Золотой Рог по своему составу выглядит как объединенный перифитон бух. Сухопутная, за исключением 7 видов, обнаруженных только на ее акватории, два из которых – впервые найденные в Японском море *F. media* var. *subsalina* и *A. caroliniana*. По плотности здесь доминировали α -мезосапробионты *M. moniliformis* (максимальная доля от общей плотности составляла 28,5 %), *S. costatum* (86,8 %) и *A. caroliniana* (59,1 %). В бух. Сухопутная преобладал олигосапробионт *B. paxillifer* (34,6 %).

Абсолютная и относительная плотность планктонных форм диатомовых водорослей и их покоящихся стадий в бух. Золотой Рог была значительно выше (0,75 млн кл./м², или 24 % от среднегодовой плотности микроводорослей), чем в бух. Сухопутная (0,26 млн кл./м², или 4 %) (рис. 3-9). В целом в перифитоне бух. Сухопутная преобладали бентосные и бентосно–планктонные формы, а в бух. Золотой Рог значительную часть исследуемого периода доминировали планктонные формы и их покоящиеся клетки, преимущественно *S. costatum*.

В бух. Сухопутная отмечено 15 видов с встречаемостью 50 % и более, среди которых *Navicula* sp., *P. delognei* и *P. naviculaceum* найдены в 100 % проб. В бух. Золотой Рог видов со встречаемостью более 50 % оказалось только 10, а со 100 %-ной – вовсе не было найдено. При этом встречаемость *P. naviculaceum*, *Nitzschia* sp., *L. abbreviata* и *A. angusta* достигала 75,0 %. Среднегодовая плотность микроводорослей в бух. Золотой Рог была почти в 3 раза ниже, чем в бух. Сухопутная (2,8±1,6 и 8,1±2,3 млн кл./м² соответственно). Существенно различались и среднегодовые биомассы (6,5±4,0 и 14,2±4,6 мг/м²). Значения индексов видового разнообразия и выравненности в бухтах Золотой Рог и Сухопутная были сравнительно невысокими и примерно одинаковыми ($H=1,71\pm0,18$ и $1,76\pm0,15$, $e=0,51\pm0,06$ и $0,41\pm0,03$ бит/м²).

По плотности в бух. Сухопутная преобладал *F. striatula*, а *Navicula* sp. и *S. closterium* занимали субдоминантное положение (соответственно 2,9±1,9, 1,8±0,8 и 1,4±0,6 млн кл./м², или 35,3, 22,4 и 17,4 %). По биомассе абсолютное превосходство показал *B. paxillifer*, а *F. striatula*, *M. moniliformis* и *Odontella aurita* играли подчиненную роль (3,2±2,5, 1,9±1,2, 1,5±1,4 и 1,3±0,8 мг/м², или 22,6, 13,0, 10,6 и 8,5 %). В бух. Золотой Рог по плотности преобладал *Nitzschia* sp., а субдоминантами были *A. angusta* и *S. costatum* (1,0±0,8, 0,7±0,7 и 0,6±0,4 млн кл./м², или 35,2, 25,1 и 21,8 %). По биомассе здесь доминировал *P. naviculaceum*, сопутствующую роль играли *Eucampia zodiacus* и *A. angusta* (1,6±1,4, 1,3±1,3 и 1,0±1,0 мг/м², или 24,1, 20,7 и 15,7 %).

В бух. Золотой Рог летом–осенью 2001 г. общая плотность микроводорослей изменялась в пределах 0,2–19,8 млн кл./м², биомасса – от 0,7 до 9,1 мг/м² (рис. 3-10; прил. 2, табл. 3). Основной максимум плотности пришелся на пер-

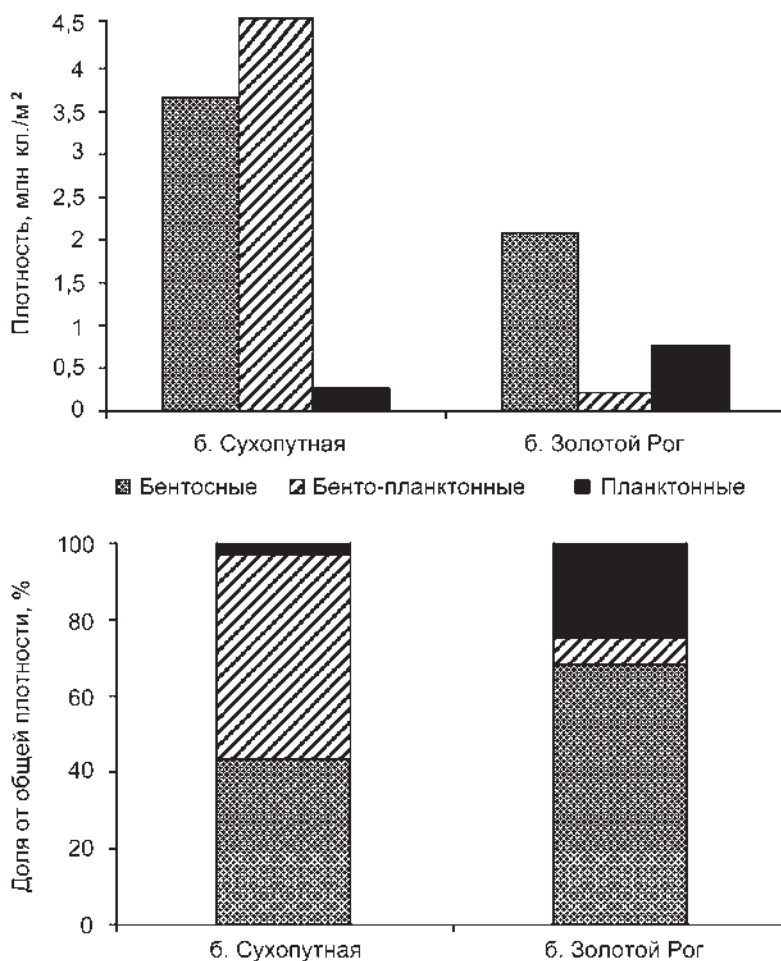


Рис. 3-9. Среднегодовые показатели абсолютной и относительной плотности перифитона различных экологических группировок в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в летне-осенний период 2001 г.

вую половину сентября и был связан с массовым развитием *A. angusta* и *Nitzschia* sp. при минимальных величинах индексов Шеннона–Винера и Пиелу (0,39 и 0,12 бит/м²) (рис. 3-11). Помимо основного максимума были отмечены два дополнительных: во второй половине июля и в первой половине августа за счет развития *Nitzschia* sp. и *S. costatum* (соответственно 2,2 и 1,9 млн кл./м²) и во второй половине ноября вновь за счет *S. costatum* (4,8 млн кл./м²).

В это же время в бух. Сухопутная общая плотность микроводорослей перифитона варьировала от 0,7 млн до 21,5 млн кл./м², биомасса – от 2,0 до 49,2 мг/м² (рис. 3-10, прил. 2, табл. 3). Максимальная плотность наблюдалась в первой половине июня за счет доминирования диатомеи *F. striatula* на фоне минимальных значений индексов видового разнообразия и выравненности

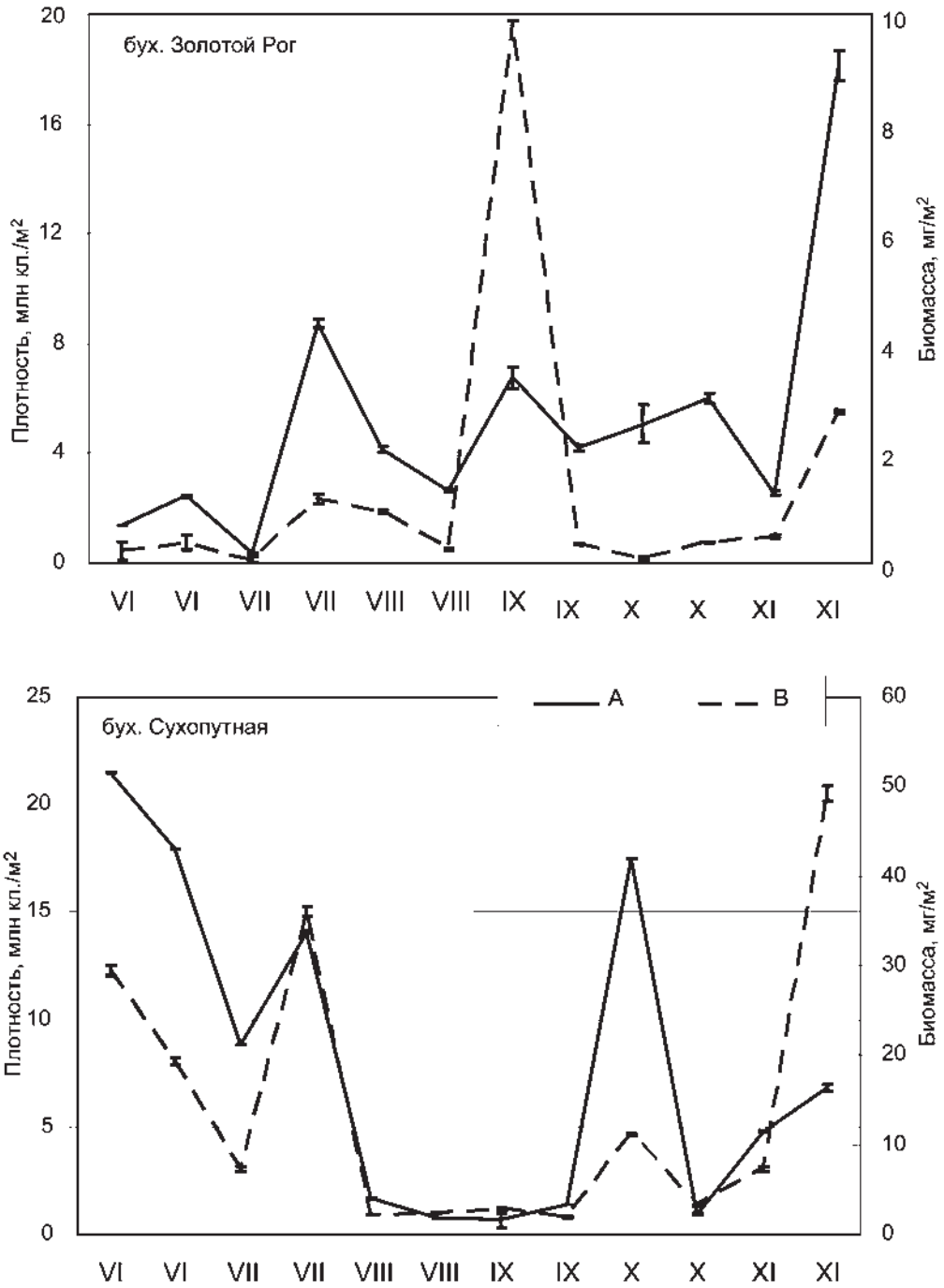


Рис. 3-10. Сезонная динамика плотности (А) и биомассы (В) микроводорослей перифитона в районах работ в летне-осенний период 2001 г.

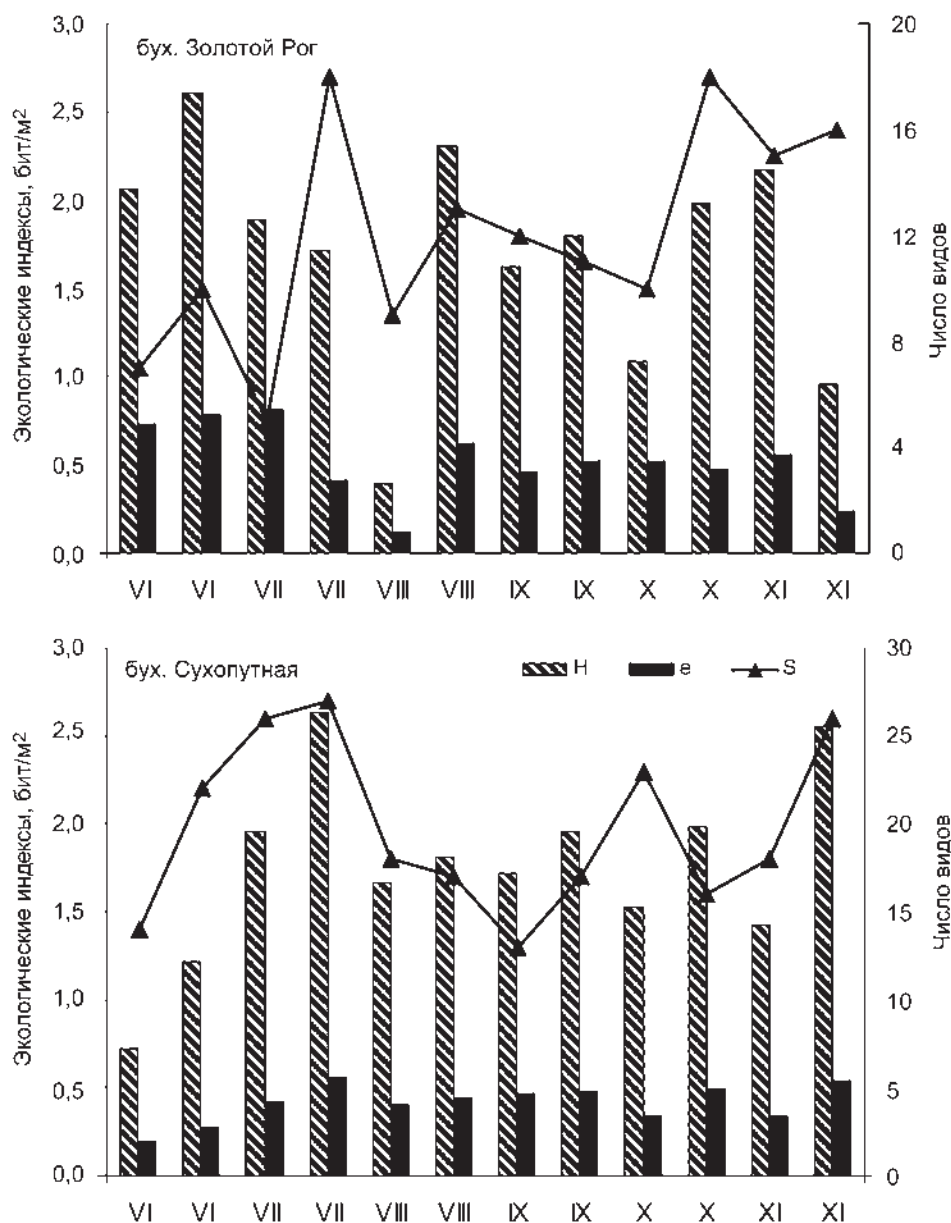


Рис. 3-11. Сезонная динамика индексов Шеннона–Винера (H), Пиелу (e) и числа видов (N) микроводорослей перифитона в бухтах Золотой Рог и Сухопутная в летне-осенний период 2001 г.

(0,72 и 0,19 бит/м²) (рис. 3-11). Второе увеличение плотности микроводорослей (до 14,3 млн кл./м²), обусловленное диатомеями *Nitzschia* sp. и *C. closterium*, было отмечено во второй половине июля. Третий максимум (17,4 млн кл./м²), определяемый видами *Nitzschia* sp. и *C. closterium*, зарегистрирован в первой половине

октября. Относительно невысокий четвертый пик плотности был приурочен к ноябрю (4,7–6,9 млн кл./м²) за счет развития *C. closterium*, *B. paxilifer* и *S. costatum*.

Сходство видового состава ассоциаций (сообществ) микроводорослей перифитона, сформировавшихся на пластинах в течение 15 суток в разные календарные сроки, обычно было невелико (рис. 3-12). Для пластин из бух. Сухопутная отчетливо проявлялась тенденция к увеличению уровня сходства сообществ «соседних» сроков опробования (рис. 3-12, а). В бух. Золотой Рог эта тенденция явно нарушена, и относительно высокое сходство видового состава наблюдалось у «случайно» взятых сообществ, например, середины июля и начала октября, начала августа и середины ноября (рис. 3-12, б). При этом сообщества микроводорослей

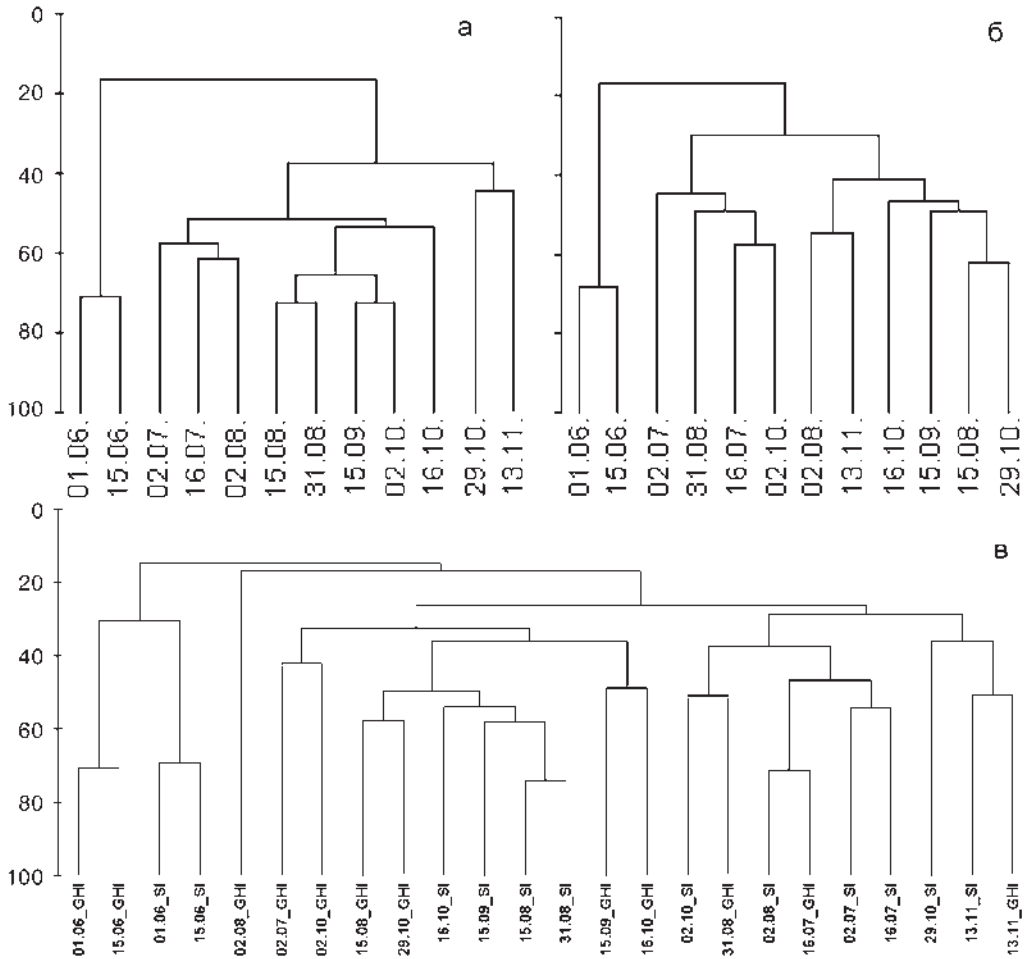


Рис. 3-12. Дендрограммы сходства видового состава микроводорослей перифитона разных сроков отбора проб, полученные методом средней связи (метрика – коэффициент видового сходства Брея–Кёргиса), для бухт Сухопутная (а), Золотой Рог (б) и обеих акваторий вместе (в). Условные обозначения: *SI* и *GHI* – бухты Сухопутная и Золотой Рог соответственно

одного и того же срока формирования, но разных акваторий были похожи меньше, чем ассоциации «соседних» сроков в бух. Сухопутная или «случайно взятых» в бух. Золотой Рог (рис. 3-12, в).

Плотности видов, найденных на пластинах из бухт Золотой Рог и Сухопутная, можно представить соответственно в виде 9 и 11 факторов, которые в сумме объясняют 97,7 и 99,9 % дисперсии плотностей поселения этих организмов (прил. 2, табл. 4, 5). Для бух. Сухопутная такое решение основано прежде всего на результатах теста «каменистой осыпи»: именно после экстракции этого числа факторов происходит резкое выполаживание кривой зависимости величины собственного числа от своего номера (рис. 3-13). Для бух. Золотой Рог 9-факторная модель определяется главным образом критерием Кайзера.

Другим доказательством таких решений служат результаты иерархического анализа. Максимальный коэффициент корреляции первичных кластеров переменных для обоих полигонов составил всего 0,251 (прил. 2, табл. 6). Следовательно, такие количества независимых (оригинальных, обладающих высокой степенью характерности) групп объективно существовали в нашей выборке данных еще до выполнения процедуры факторного анализа (рис. 3-14). Внутригодовые изменения величин полученных факторов характеризуется наличием у каждого из них одного единственного максимума на фоне примерно равных значений в остальное время (рис. 3-15).

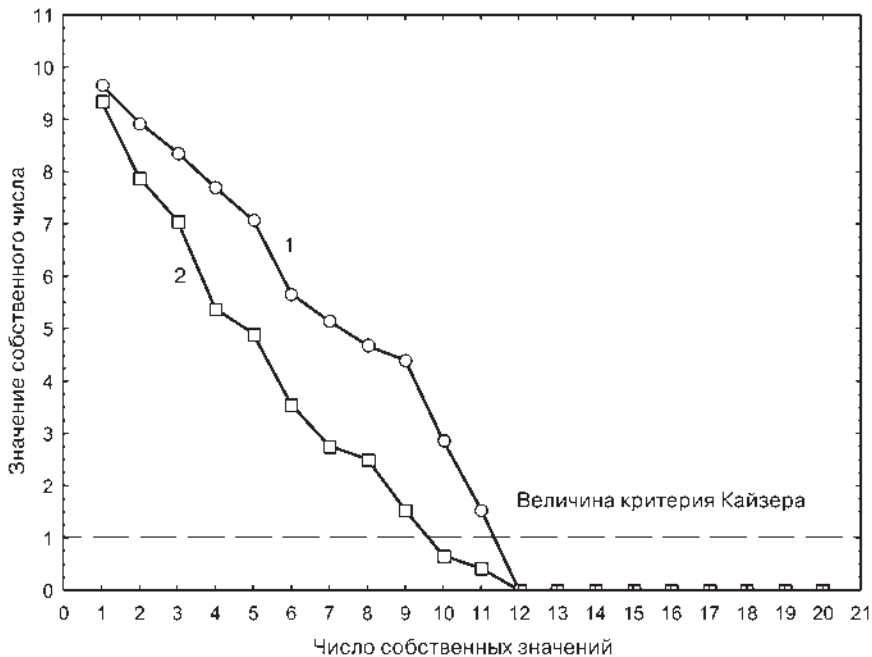


Рис. 3-13. Результаты теста «каменистой осыпи» для факторных решений, полученных при анализе структуры взаимосвязей плотностей поселения видов микроводорослей на экспериментальных пластинах после 15-суточной экспозиции в бухтах Сухопутная (1) и Золотой Рог (2)

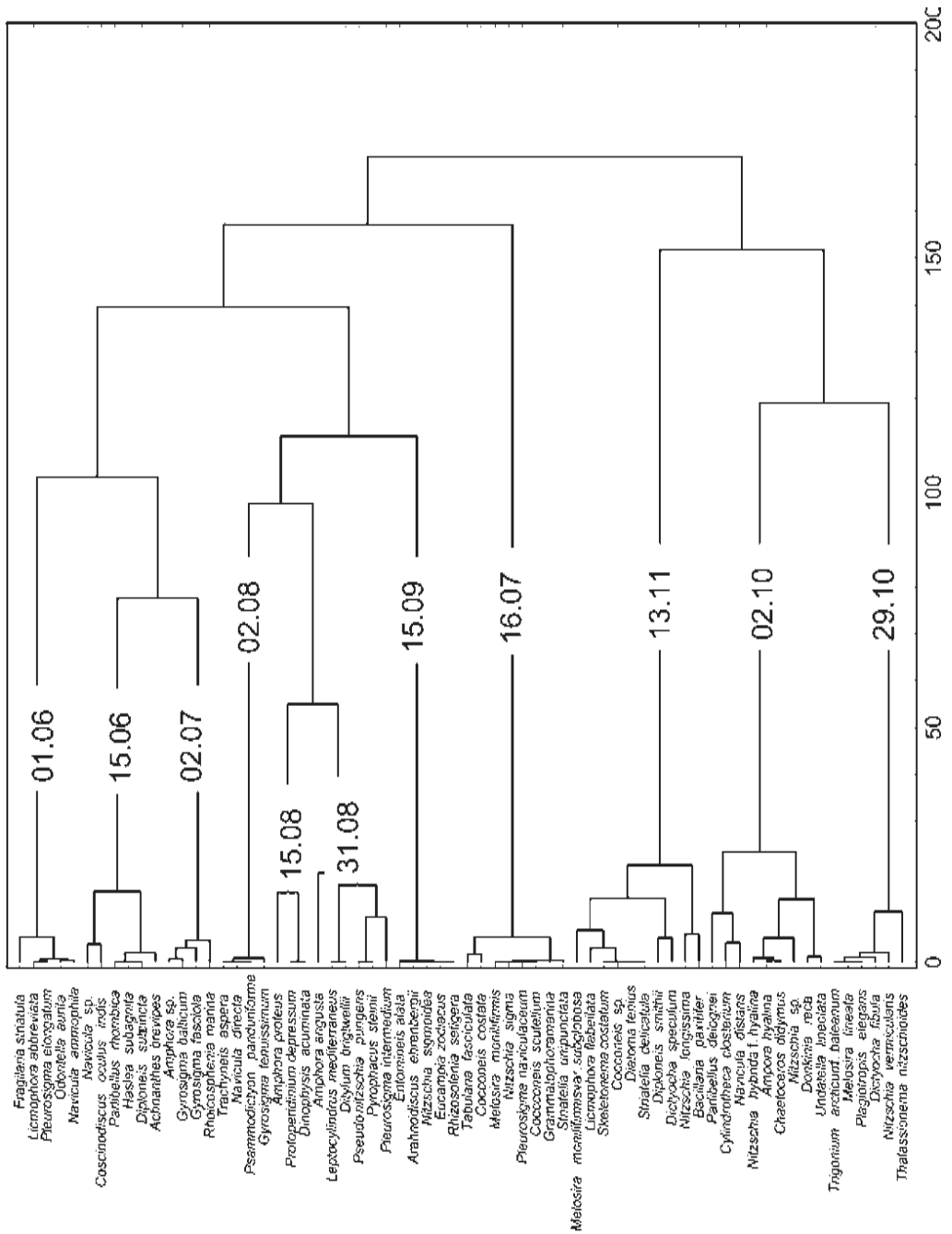
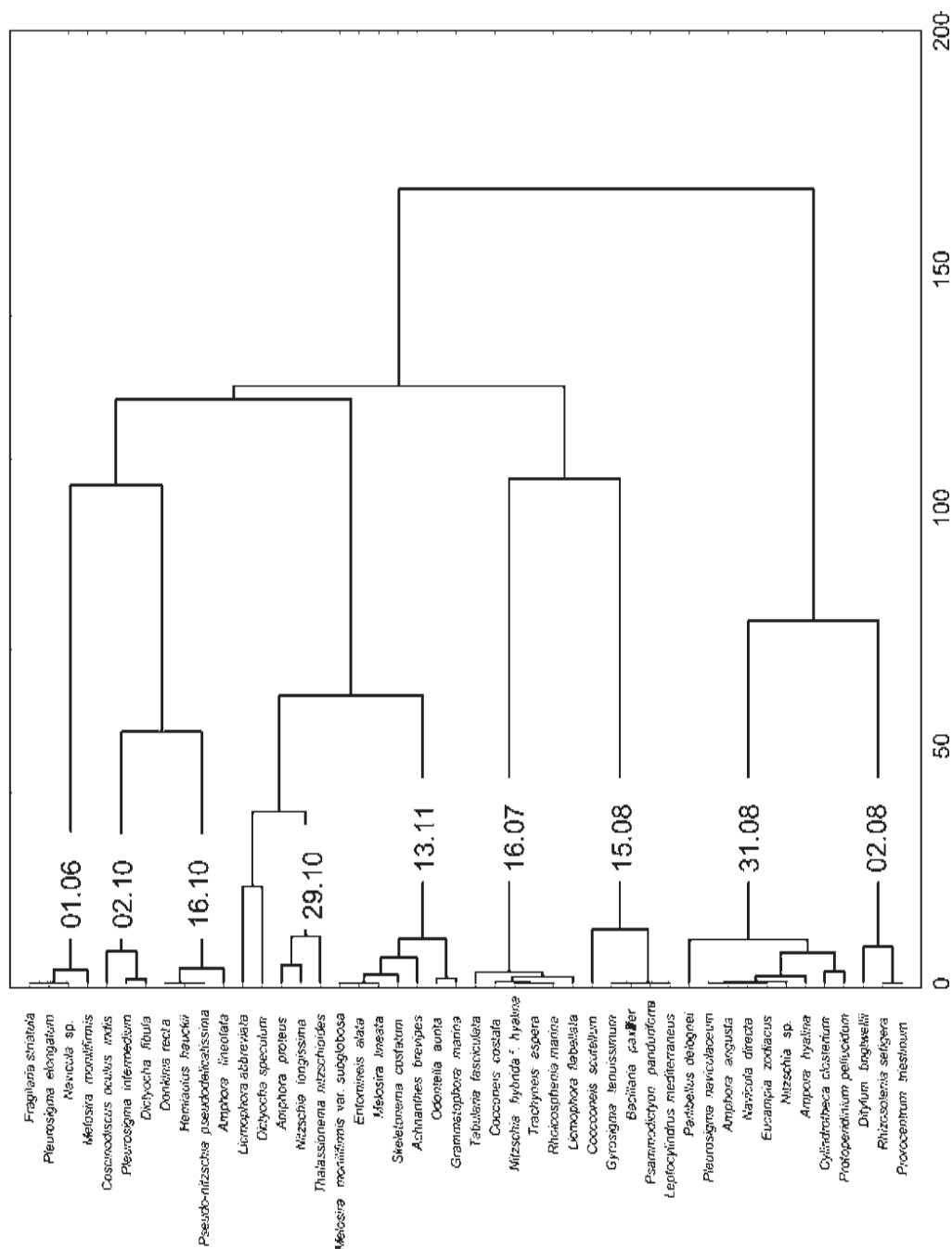


Рис. 3-14. Дендрограммы сходства видов микроводорослей по срокам оседания на полученные методом Урда (метрика –



экспериментальные пластины в бухтах Сухопутная (слева) и Золотой Рог (справа), квадрат евклидова расстояния)

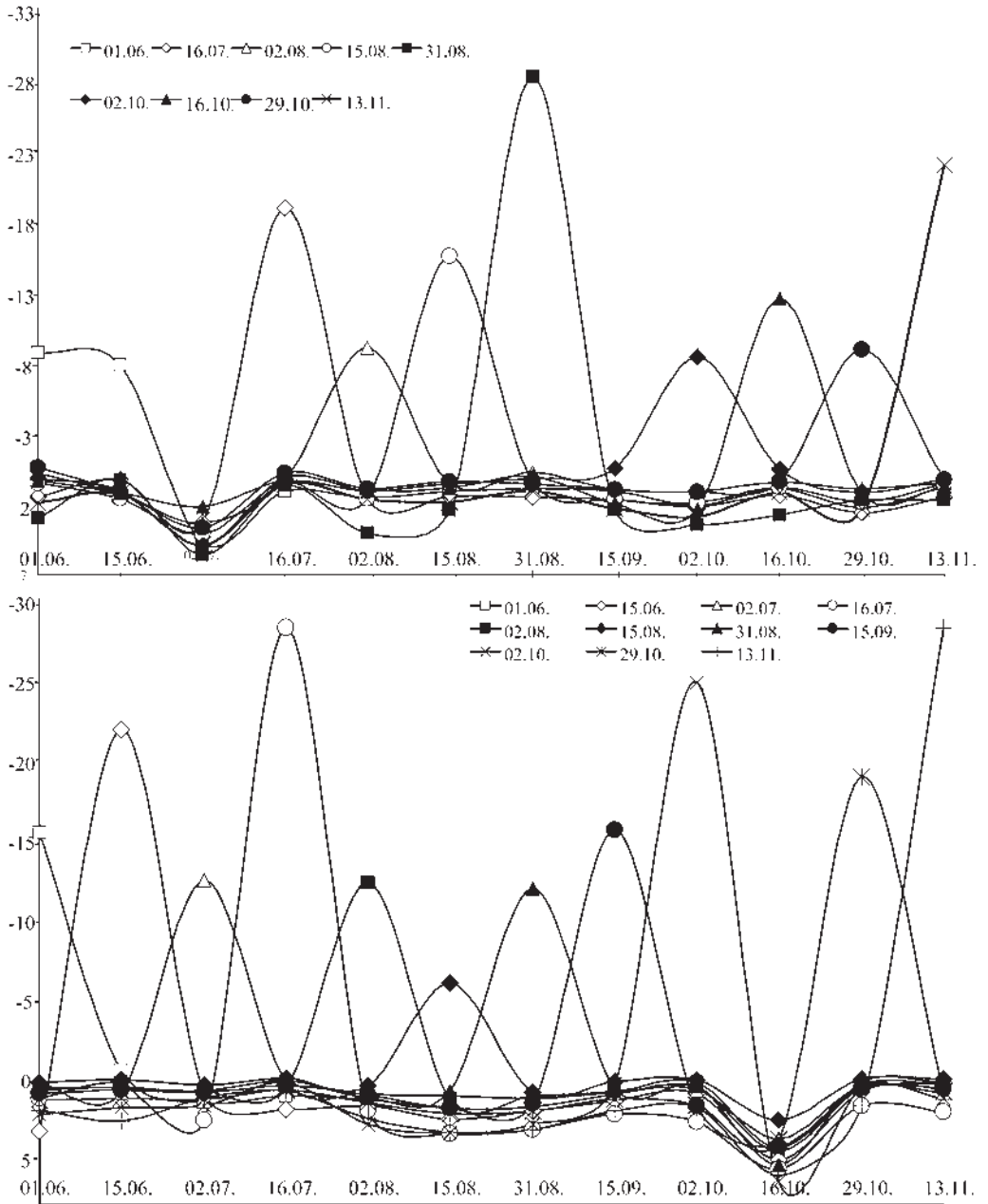


Рис. 3-15. Изменения значений факторов, полученных при анализе плотностей поселения микроводорослей перифитона, поселившихся в течение 15 суток на экспериментальных пластинах в бухтах Золотой Рог (вверху) и Сухопутная (внизу). Величины факторов умножены на число видов, вариации плотности которых контролируются этими факторами

3.1.2.2. Формирование сообществ перифитона на пластинах с нарастающим сроком экспозиции

В летне–осенний период 2001 г. на экспериментальных пластинах, экспонированных в бухтах Золотой Рог и Сухопутная, было обнаружено 72 вида и внутривидовых таксона отдела Bacillariophyta (прил. 2, табл. 2).

Диатомовые водоросли, обнаруженные в эпибиозах макрообрастания, представлены подвижными (58,6 %), прикрепленными (28,5 %) и прикреплено-подвижными (12,9 %) формами, которые, в свою очередь, являются свободноживущими (51 %) и колониальными (49 %). По отношению к местообитанию 66 % всех видов относится к микрофитобентосным формам, 23 % – к бенто-планктонным (тихопелагическим) и 11 % – к фитопланктонным формам (рис. 3-16, табл. 2, прил. 2). По отношению к солености преобладают эвригалитные виды, из них морские составляют 63 %, солоноватоводно-морские – 32 %; в незначительной степени представлены солоноватоводные и пресноводные – соответственно 3 и 2 %. По отношению к pH преобладают алкалофильные виды (98 %).

Из всех встреченных видов 48 % являются космополитами, а 24 % аркто-бореально-тропическими видами. Заметна роль бореально-тропических, бореальных и аркто-бореальных видов (14, 6 и 8 %). К индикаторам органического загрязнения относятся 29 видов, среди них 63 % занимают β -мезосапробионты – индикаторы умеренно загрязненных органикой вод, а по 17 % – α -мезосапробионты и σ -сапробионты – индикаторы соответственно значительно и слабо загрязненных вод (рис. 3-16; прил. 2, табл. 2).

Таким образом, в эпибиозах существенно меньше подвижных и фитопланктонных и больше прикрепленных и бентосных видов, чем в перифитоне экспериментальных пластин. При этом примерно одинаковыми остаются доли свободноживущих, колониальных и алкалофильных форм, сохраняются биогеографический состав, а также пропорции видов в отношении солености и сапробности.

Средняя плотность микроводорослей в эпибиозах за период исследования составила $20,3 \pm 4,6$ млн кл./м², биомасса – $52,8 \pm 11,6$ мг/м², что существенно, в 4–5 раз выше, чем в перифитоне. В то же время чаще других встречались почти те же виды, что и в перифитоне – *G. marina* и *L. abbreviata* (79,2 %) *A. angusta* и *P. naviculaceum* (75,0 %), *Nitzschia* sp. и *P. delognei* (70,8 %). В численном отношении преобладал *S. costatum* ($9,1 \pm 4,6$ млн кл./м², или 44,6 %, встречаемость 54,2 %), *Nitzschia* sp. занимал субдоминантное положение ($4,7 \pm 1,9$, или 23,1 %). Вклад остальных видов не превышал 7,5 %.

По биомассе примерно равный вклад вносили *D. brightwellii* и *B. paxillifer* (соответственно $8,6 \pm 4,2$ и $8,1 \pm 7,0$ мг/м², 16,3 и 15,3 %, встречаемость 33,3 и 12,5 %), следующий за ними *S. costatum* по этому показателю заметно им уступал ($6,4 \pm 2,7$, или 12,0 %). В целом видовое разнообразие исследованных акваторий было еще ниже, чем у микроводорослей перифитона при меньшей выравненности распределения видов по рангам ($H=1,09 \pm 0,11$ и $e=0,38 \pm 0,04$ бит/м²).

Как и для перифитона, минимальная изменчивость плотности поселений микроводорослей эпибиозов была характерна главным образом для тех видов, ко-

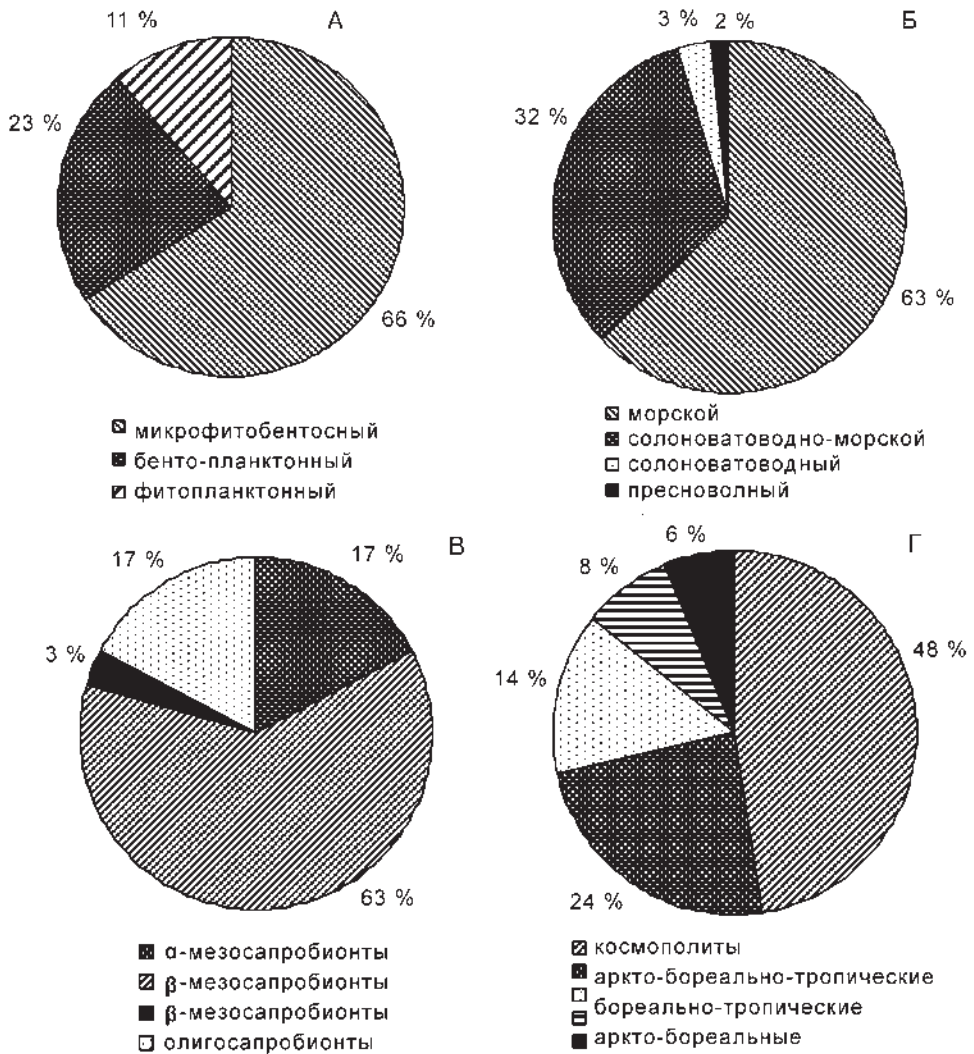


Рис. 3-16. Эколого-географическая характеристика диатомовых водорослей эпибиозов экспериментальных пластин в бухтах Золотой Рог и Сухопутная в летне-осенний период 2001 г. А – приуроченность к местообитанию, Б – приуроченность к солености, В – сапробиологическая характеристика, Г – фитогеографическая характеристика

торые на период отбора проб были доминантными. Причем чем выше у таких видов была относительная плотность, тем меньше – вариабельность ее абсолютных величин (табл. 3-6). Следует подчеркнуть, что вариации общих показателей – биомассы и плотности, экологических индексов – также весьма невелики: стандартная ошибка не превысила 14 %, изменяясь главным образом в пределах 0,8–1,5 % (табл. 3-7).

Таблица 3-6

Пример вариаций плотности диатомовых водорослей эпибиозов на экспериментальных пластинах, экспонировавшихся в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в июне 2001 г.

Вид	Плотность, кл./м ²			\bar{X} , клеток/м ²	SE	Δ, %
	Проба 1	Проба 2	Проба 3			
Бухта Сухопутная						
<i>Amphora hyalina</i>	1600	1400	1600	1533	67	4
<i>Cocconeis scutellum</i>	800	1200	400	800	231	29
<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>adjunta</i>	200	200	200	200	0	0
<i>Cocconeis costata</i>	200000	240000	200000	213333	13333	6
<i>Coscinodiscus oculus iridis</i>	3600	3400	2400	3133	371	12
<i>Cylindrotheca closterium</i>	6000000	6000000	6000000	6000000	0	0
<i>Fragilaria striatula</i>	13200000	12000000	13600000	12933333	480740	4
<i>Grammatophora marina</i>	52000	48000	48000	49333	1333	3
<i>Licmophora abbreviata</i>	400000	400000	440000	413333	13333	3
<i>Licmophora flabellata</i>	2400	2400	2000	2267	133	6
<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i>	200	200	176	192	8	4
<i>Melosira moniliformis</i>	1600	1640	1760	1667	48	3
<i>Nitzschia longissima</i>	800	800	600	733	67	9
<i>Parlibellus rhombica</i>	8000	7600	6800	7467	353	5
<i>Odontella aurita</i>	48000	44000	48000	46667	1333	3
<i>Parlibellus delognei</i>	4800000	5200000	4800000	4933333	133333	3
<i>Pleurosigma elongatum</i>	12800	12000	13200	12667	353	3
<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	2400	2000	3200	2533	353	14
<i>Psammodyction panduriforme</i>	400	400	200	333	67	20
<i>Rhoicosphenia marina</i>	400	200	400	333	67	20
<i>Tabularia fasciculata</i>	32000	28000	28000	29333	1333	5
<i>Trigonium arcticum</i> f. <i>baleanum</i>	1200	400	600	733	240	33
Бухта Золотой Рог						
<i>Fragilaria striatula</i>	2800000	2400000	2400000	2533333	133333	5
<i>Licmophora abbreviata</i>	800000	720000	760000	760000	23094	3
<i>Melosira moniliformis</i>	120000	120000	120000	120000	0	0
<i>Parlibellus delognei</i>	4000	3600	3600	3733	133	4
<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	400	200	400	333	67	20
<i>Tabularia fasciculata</i>	4000000	4000000	3600000	3866666	133333	3

Примечание. \bar{X} – средняя численность, SE – стандартная ошибка, $\Delta=(SE/\bar{X}) \cdot 100$.

**Изменчивость некоторых общих характеристик поселений диатомовых водорослей
эпибиозов на экспериментальных пластинках, экспонировавшихся в бухтах Сухопутная
и Золотой Рог в июне 2001 г.**

Показатель	Проба 1	Проба 2	Проба 3	\bar{X}	SE	$\Delta, \%$
Уссурийский залив, бух. Сухопутная, июнь 2001 г.						
Плотность, млн клеток/м ²	24,8	24,0	25,2	24,7	0,4	1,4
Биомасса, мг/м ²	43,7	44,2	42,9	43,6	0,4	0,9
Индекс Шеннона–Винера, бит/м ²	1,657	1,706	1,648	1,670	0,018	1,1
Индекс Пиелу, бит/м ²	0,372	0,383	0,370	0,375	0,004	1,1
Бухта Золотой Рог, июнь 2001 г.						
Плотность, млн клеток/м ²	7,7	7,2	6,9	7,3	0,2	3,3
Биомасса, мг/м ²	18,3	17,3	11,5	15,7	2,1	13,5
Индекс Шеннона–Винера, бит/м ²	1,461	1,436	1,478	1,458	0,012	0,8
Индекс Пиелу, бит/м ²	0,565	0,556	0,572	0,564	0,005	0,8

Примечание. \bar{X} – среднее значение параметра, SE – стандартная ошибка, $\Delta = (SE / \bar{X}) \cdot 100$.

В эпибиозах бух. Золотой Рог найдено 42 вида, в бух. Сухопутная – 65. Общими для этих акваторий оказались 35 видов (сходство 48,6 %) преимущественно, как и в перифитоне, широко распространенных эврибионтных диатомей родов *Coscinodiscus*, *Melosira*, *Ditylum* и других. В целом микроводоросли эпибиозов бух. Золотой Рог по своему составу также выглядят, как обедненная микрофлора бух. Сухопутная, за исключением 7 видов, обнаруженных только на ее акватории (прил. 2, табл. 2).

В бух. Золотой Рог среднегодовая плотность β -мезосапробионтов составила 0,95 млн кл/м² с максимумом в августе (8,9 млн кл/м²), в то время как у α -мезосапробионтов она была 0,68 млн кл/м², достигая наибольшей величины в ноябре (4,6 млн кл/м²) (рис. 3-17). В бух. Сухопутная в течение большей части исследуемого периода также преобладали β -мезосапробионты (1,7 млн кл/м² с максимумом в октябре – 6,7 млн кл/м²). Среднегодовые показатели α -мезосапробионтов были почти на порядок ниже, чем в бух. Золотой Рог (0,52 млн кл/м², максимум в июле – 2,21 млн кл/м²). Только в бух. Сухопутная были найдены α -сапробионты; их наибольшие плотности наблюдались в июле (2,8 млн кл/м²) и ноябре (2,6 млн кл/м²).

Абсолютная и относительная плотность фитопланктонных форм диатомовых водорослей и их покоящихся стадий в бух. Золотой Рог была на порядок выше (21,4 млн кл./м²), чем в бух. Сухопутная (1,05 млн кл./м²). В бух. Сухопутная преобладали бентосные и бентосно-планктонные формы диатомей, характерные для обрастания твердых природных и антропогенных субстратов. В бух. Золотой Рог значительную часть исследуемого периода доминировали фитопланктонные формы, преимущественно *S. costatum* (максимум отмечен в июле – более

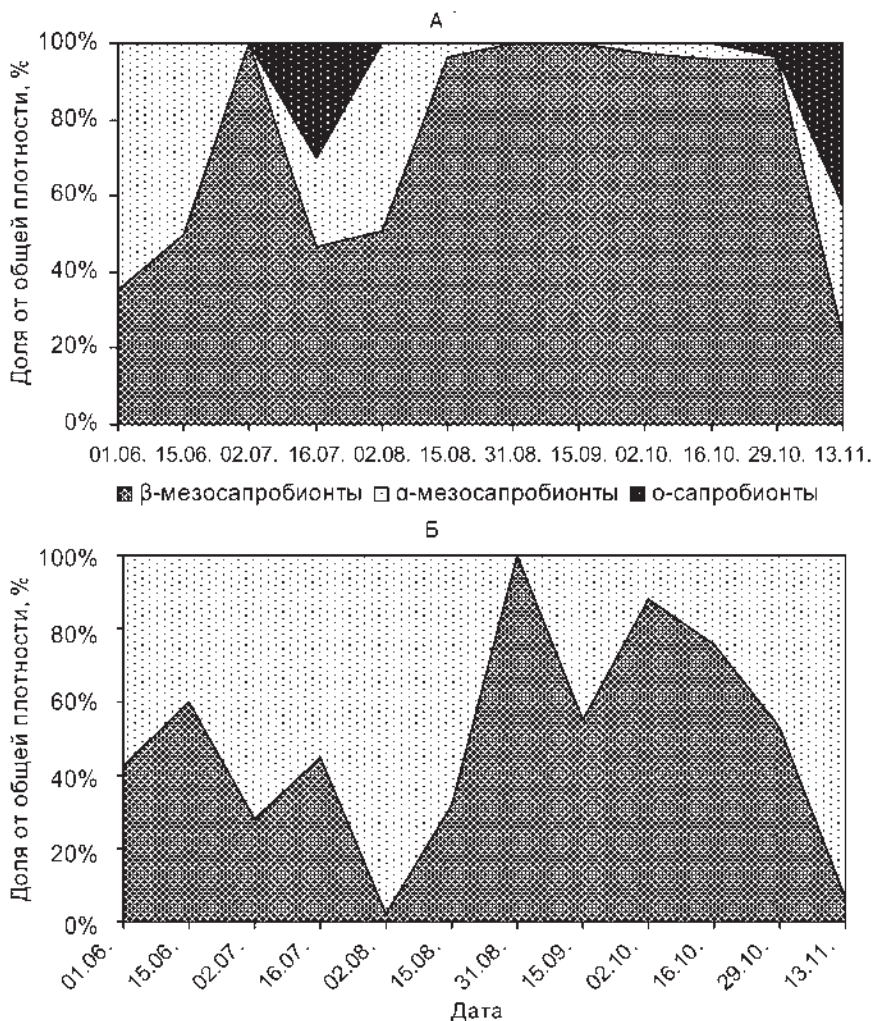


Рис. 3-17. Динамика плотности различных сапробиологических группировок диатомовых водорослей эпибиозов экспериментальных пластин в бухтах Сухопутная (А) и Золотой Рог (Б) в летне-осенний период 2001 г.

100 млн кл./м²), что было приурочено к «цветениям» этих водорослей в фитопланктоне и их массовым оседаниям.

В бух. Сухопутная отмечено 25 видов с встречаемостью 50 % и более, среди которых *G. marina* и *P. delognei* найдены в 100 % проб. В бух. Золотой Рог видов со встречаемостью более 50 % оказалось только 8, а со 100 %-ной вовсе не было найдено. При этом лишь встречаемость *S. costatum* достигала 75,0 %. В отличие от перифитона среднегодовая плотность микроводорослей в бух. Золотой Рог была заметно выше, чем в бух. Сухопутная (соответственно 24,0±8,4 и 16,7±9,0 млн кл./м). Наоборот, как и в перифитоне, среднегодовая биомасса микроводорослей

бух. Сухопутная была существенно больше, чем в бух. Золотой Рог ($61,3 \pm 19,8$ и $39,3 \pm 10,0$ мг/м²). Значения индексов видового разнообразия и выравненности в бухтах Золотой Рог и Сухопутная были невысокими и заметно меньшими, чем в перифитоне, причем для эпибиозов первой акватории разнообразие и выравненность распределения видов по рангам были существенно ниже ($H=0,80 \pm 0,10$ и $1,38 \pm 0,09$, $e=0,33 \pm 0,04$ и $0,43 \pm 0,03$ бит/м²).

В численном отношении в бух. Сухопутная преобладали мелкие диатомеи *Nitzschia* sp. ($5,0 \pm 2,3$ млн кл./м², или 30,5 %), *F. striatula* ($2,8 \pm 1,1$ или 16,7 %), *S. closterium* ($1,9 \pm 0,9$, или 11,5) занимали субдоминантное положение. По биомассе абсолютно доминировал *B. paxillifer* ($16,5 \pm 13,5$ мг/м², или 27,0 %), следующие за ним *P. delognei* ($8,3 \pm 5,3$, или 13,6) и *S. costatum* ($5,0 \pm 4,0$ или 8,1, встречаемость 33,3 %) по этому показателю существенно ему уступали. В бух. Золотой Рог по плотности доминировал *S. costatum* ($17,4 \pm 8,2$ млн кл./м², или 72,6 %), а плотность следующего за ним *Nitzschia* sp. составила $4,3 \pm 3,0$ млн кл./м² (17,9 %; доля каждого из остальных видов – менее 3 %). По биомассе абсолютное превосходство показали крупные диатомеи *D. brightwellii* ($8,9 \pm 6,5$ мг/м², или 22,8 %), за ними следовал все тот же *S. costatum* ($8,0 \pm 3,5$, или 20,5), далее – *Leptocylindrus mediterraneus* ($4,4 \pm 2,5$, или 11,3); доля каждого их остальных видов была менее 9 %.

В бух. Золотой Рог летом-осенью 2001 г. общая плотность микроводорослей в эпибиозах изменялась в пределах 0,2–104,2 млн кл./м², биомасса – от 0,37 до 114,6 мг/м² (рис. 3-18). Основной максимум плотности пришелся на июль и был связан с массовым оседанием *S. costatum* на макрообрастание, представленное *P. limicola*, *M. trossulus* и *B. crenatus* (прил. 2, табл. 7). Это было сопряжено с резким снижением индексов Шеннона–Винера и Пиелу (рис. 3-19). Помимо основного максимума были отмечены два дополнительных, почти равных по величине: в первой половине октября (за счет диатомеи *Nitzschia* sp. на *M. trossulus*, *A. improvisus* и *B. crenatus*) и во второй половине ноября (*S. costatum* на *M. trossulus* и *B. crenatus*). Последний пик также сопровождался уменьшением видового разнообразия и выравненности распределения видов по рангам.

В это же время в бух. Сухопутная общая плотность клеток диатомей варьировала от 0,66 млн до 33,6 млн кл./м², биомасса – от 1 до 253 мг/м² (рис. 3-18). В сезонной динамике плотности прослеживалось два основных, почти равных, максимума. Первый пик был отмечен в первой половине октября (за счет доминирования *Nitzschia* sp. на *M. trossulus* и *A. improvisus*) на фоне резкого снижения индексов Шеннона–Винера и Пиелу, второй – во второй половине ноября (*S. costatum* на *M. trossulus* и *B. crenatus*) (рис. 3-19; прил. 2, табл. 7). Дополнительный, менее выраженный пик был отмечен во второй половине июня (*F. striatula*, *S. closterium* и *P. delognei* на *M. trossulus*).

Сходство видового состава ассоциаций (сообществ) диатомовых водорослей эпибиозов макрообрастания, сформировавшихся на пластинах в течение разного времени экспозиции, как и перифитона, обычно было невелико (рис. 3-20). Для эпибиозов бух. Сухопутная отчетливо проявлялась тенденция к увеличению уровня сходства сообществ «соседних» сроков опробования (рис. 3-20, а). В бух. Золотой Рог эта тенденция явно нарушена, и относительно высокое сходство наблюдалось у «случайно» взятых сообществ, например, середины июля и конца октя-

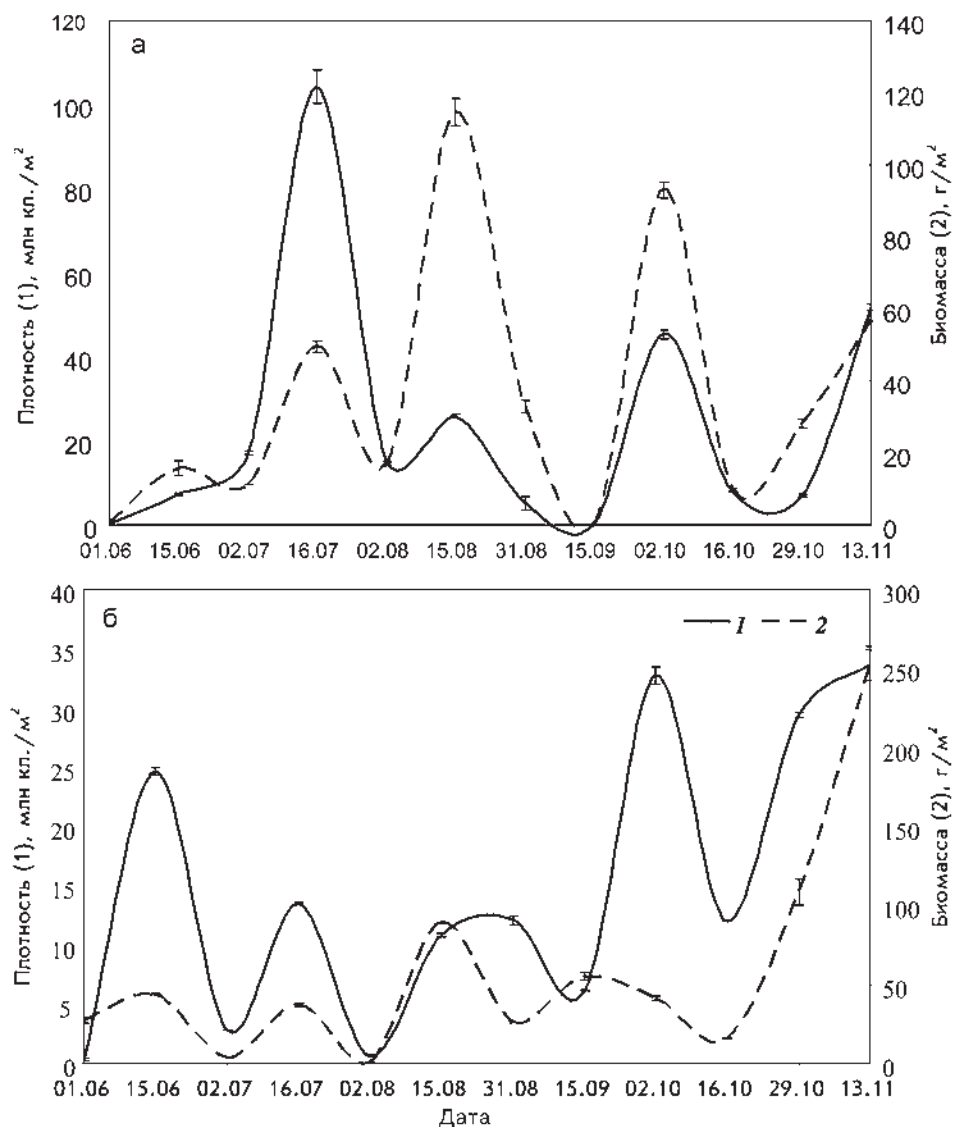


Рис. 3-18. Динамика плотности (1) и биомассы (2) диатомовых водорослей эпибиозов на экспериментальных пластинах в бухтах Золотой Рог (а) и Сухопутная (б) в летне-осенний период 2001 г.

бря – начала ноября, середины августа и начала ноября (рис. 3-20 б). При этом сообщества диатомовых водорослей одного и того же срока развития, но разных акваторий, в целом были похожи меньше, чем ассоциации «соседних» сроков в бух. Сухопутная или «случайно взятых» в бух. Золотой Рог (рис. 3-20, в).

Плотности видов диатомей, найденных в бухтах Золотой Рог и Сухопутная, можно представить в виде 11 факторов, которые в сумме объясняют около

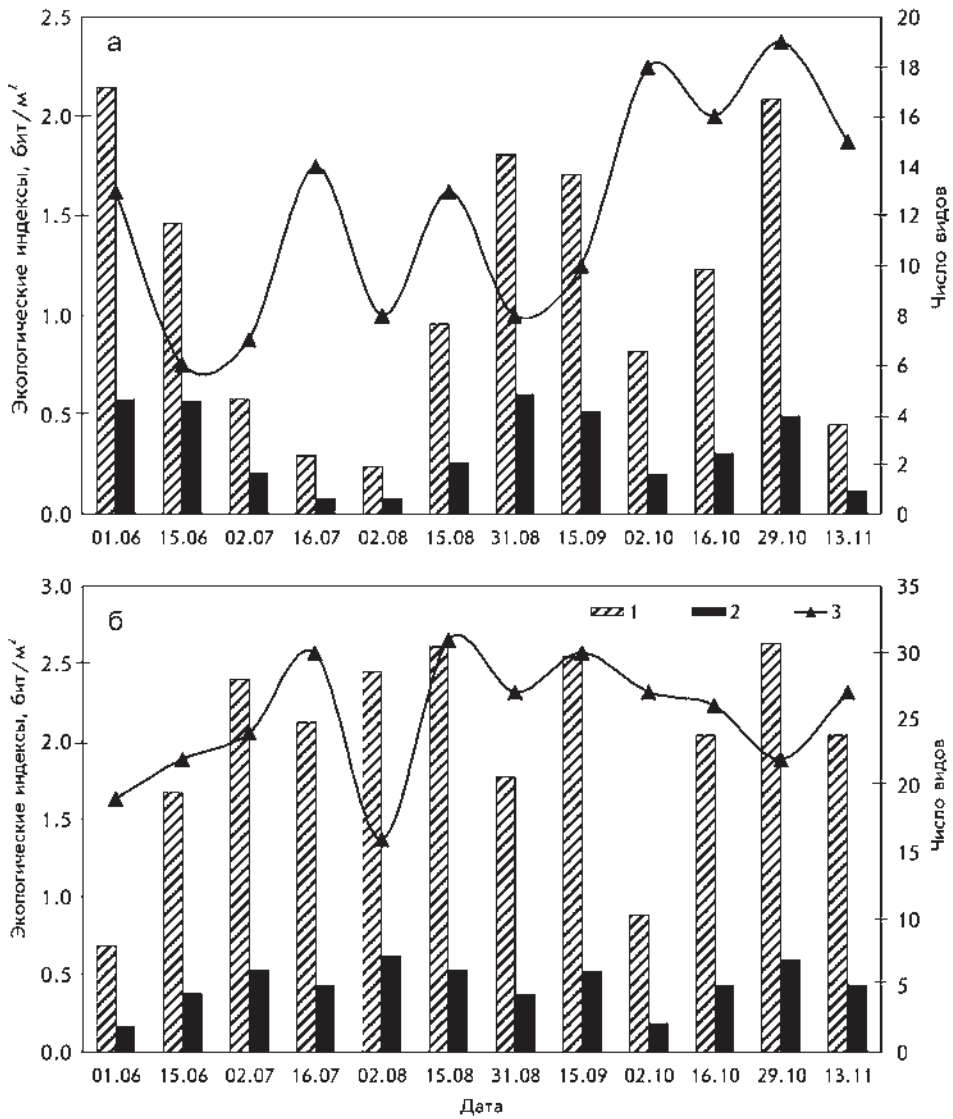


Рис. 3-19. Динамика индексов Шеннона–Винера (1), Пиелу (2) и числа видов (3) диатомовых водорослей эпибиозов на экспериментальных пластинах в бухтах Золотой Рог (а) и Сухопутная (б) в летне-осенний период 2001 г.

100 % дисперсии плотностей поселения этих организмов (прил. 2, табл. 8, 9). Для бух. Золотой Рог такое решение основано прежде всего на результатах теста «каменистой осыпи»: именно после экстракции этого числа факторов происходит резкое выполаживание кривой зависимости величины собственного числа от своего номера (рис. 3-21). Для бух. Сухопутная 11-факторная модель определяется как выполаживанием кривой, так и критерием Кайзера.

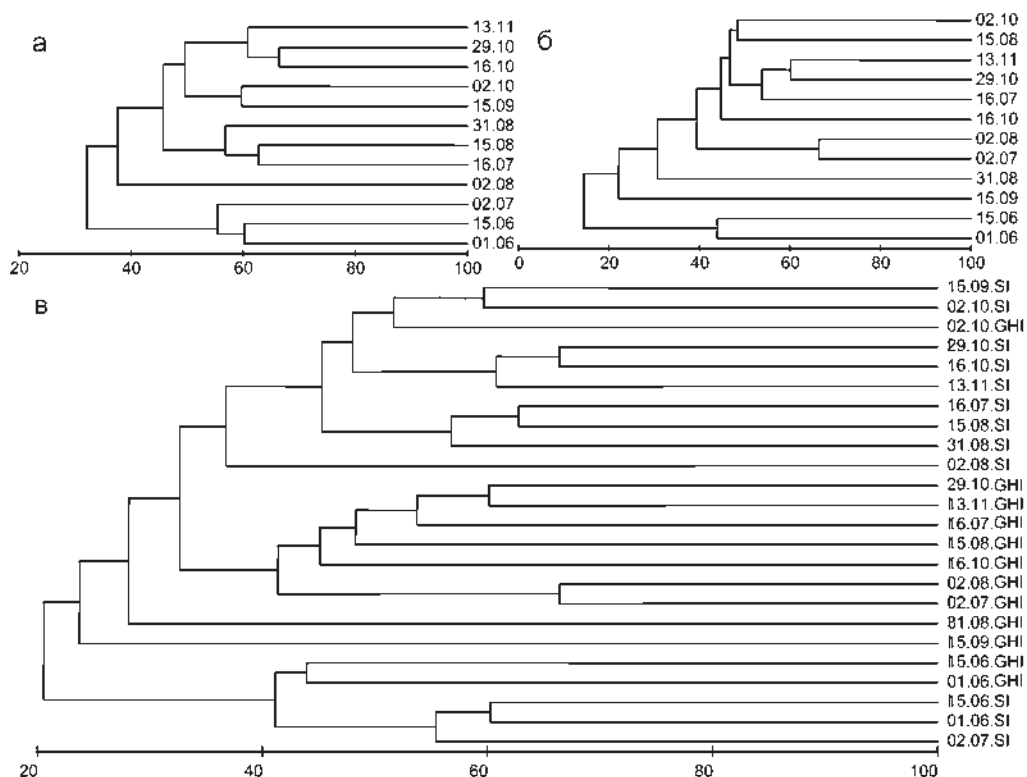


Рис. 3-20. Дендрограммы сходства видового состава диатомовых водорослей эпипиозов на экспериментальных пластинах разных сроков отбора проб, полученные методом средней связи (метрика – коэффициент видового сходства Брея-Кёртиса), для бухт Сухопутная (а), Золотой Рог (б) и обеих акваторий вместе (в). Условные обозначения: *SI* и *GHI* – бухты Сухопутная и Золотой Рог соответственно

Другим доказательством таких решений служат результаты иерархического анализа. Максимальный коэффициент корреляции первичных кластеров переменных для обоих полигонов составил всего 0,264 (прил. 2, табл. 10). Следовательно, такие количества независимых групп видов объективно существовали в нашей выборке данных еще до выполнения процедуры факторного анализа (рис. 3-22).

Внутригодовое изменение величин полученных факторов в бух. Сухопутная характеризуется наличием у каждого из них одного единственного максимума на фоне примерно равных значений в остальное время (рис. 3-23). Для бух. Золотой Рог флуктуации некоторых факторов носят заметно иной характер. Так, внутригодовые колебания факторов 4 и 10 отчетливо полимодальны, причем почти у всех факторов и максимумы и значения в остальное время существенно различались.

Как и фитопланктон, микроперифитон бухт Золотой Рог и Сухопутной во многом похож на микрофлору других районов зал. Петра Великого – бух. Витязь, заливов Посьета и Восток [Николаев, 1970; Рябушко, 1990]. Это проявляется, на-

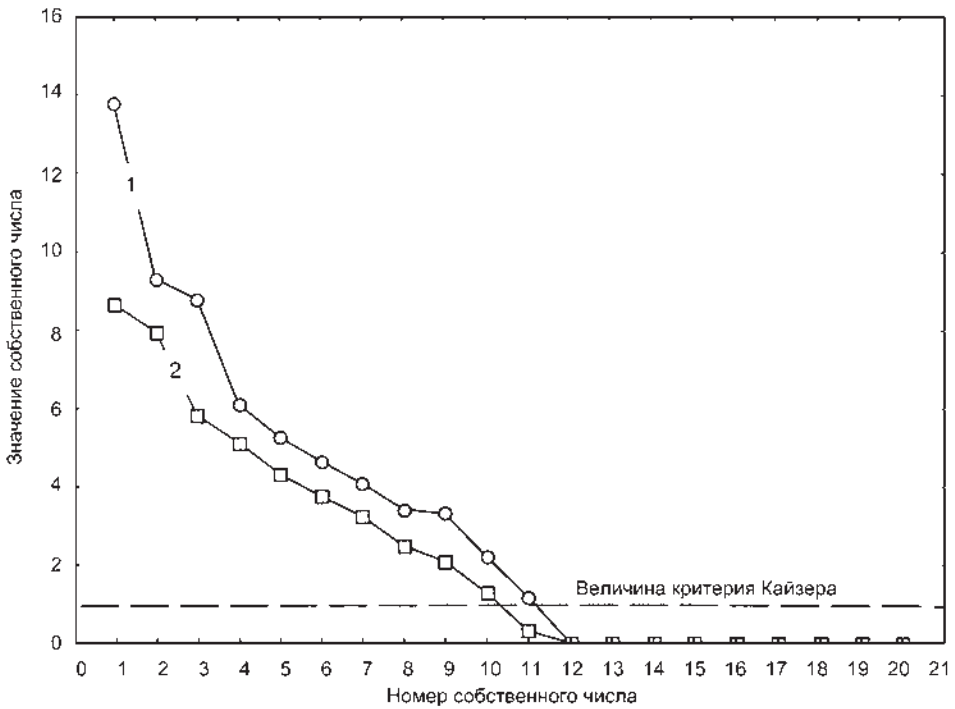


Рис. 3-21. Результаты теста «каменистой осыпи» для факторных решений, полученных при анализе структуры взаимосвязей плотностей поселения видов диатомовых водорослей эпибиозов на экспериментальных пластинах в бухтах Сухопутная (1) и Золотой Рог (2)

пример, в доминировании *M. moniliformis*, *G. marina*, *L. abbreviata*, *P. delognei*, *P. naviculaceum* и других видов. Кроме того, наблюдается сходство доминирующих видов перифитона и эпибиозов исследованных районов и эпифитных и эпибионтных диатомей Охотского, Белого, Черного и других морей северных и умеренных широт [Короткевич, 1960; Прошкина–Лавренко, 1963; Караева, 1972; Кашина, 1975; Бодяну, 1979; Бондарчук и др., 1985; Рябушко, 1999; Неврова, 1999; Ковалева, 2006].

Виды *A. caroliniana*, *A. crystallina*, *F. media* var. *subsalina*, *G. tenuissimum* и *N. hybrida* f. *hyalina*, впервые обнаруженные в перифитоне и эпибиозах бух. Золотой Рог, по-видимому, могут рассматриваться как потенциальные вселенцы в российские воды Японского моря, попавшие сюда с балластными водами судов дальнего плавания. На это указывает прежде всего находка их лишь в этой бухте, где происходит постоянный сброс таких вод [Звягинцев, 2005]. Высокая вероятность вселения новых видов именно в бух. Золотой Рог обусловлена не только большими объемами сброса вод судами, но и утратой «биологического иммунитета» самими водами этой акватории. Последнее связано с высокими уровнями евтрофирования и загрязнения, при которых снижается видовое разнообразие и появляется большое количество свободных экологических ниш [Александров, 2002].

Следует подчеркнуть, что разновидность диатомовой водоросли *F. media* var. *subsalina* описана Прошкиной–Лавренко [1963] как эндемик Черного моря. В зал. Петра Великого кроме бух. Золотой Рог в 2005 г. она найдена в бух. Лазурная, причем, согласно шкале Кордэ [Баринаова и др., 2006] как «нередко встречающаяся» [Бегун, Рябушко, 2008а]. Это ставит под сомнение ее статус черноморского эндемика и позволяет считать ее потенциальным вселенцем в российские воды Японского моря.

Вид *N. vermicularis* долгое время считали распространенным только в континентальных водоемах [Баринаова и др., 2006]. Однако недавно его массовое развитие было отмечено в Черном море при солености 21,2 ‰ [Герасимюк, Ковтун, 2007]. Следовательно, находка этого вида в водах Японского моря позволяет рассматривать его в качестве возможного вселенца из пресных вод.

Диатомовые водоросли *A. caroliniana*, *F. media* var. *subsalina*, *G. tenuissimum* и *N. hybrida* f. *hyalina* широко известны в бентосе Черного и Азовского морей [Неврова, 1999; Рябушко, 1999; Борисюк, 2001; Ковалева, 2006]. Все они морские и солоноватоводные, эвритермные и эвригалинные виды, широко распространенные как в морях, так и в эстуариях умеренной зоны и относящиеся к бореальному, аркто–бореальному и космополитическому фитогеографическим комплексам. Кроме того, *A. caroliniana* и *G. tenuissimum* – убиквисты, обитающие на различных субстратах, включая раковины моллюсков [Bukhtiyarova, 1999; Неврова, Шадрин, 2005]. Такая широкая экологическая валентность должна способствовать освоению этими видами новых акваторий.

Наличие в перифитоне и эпибиозах значительной доли бентосно–планктонных и планктонных видов и их покоящихся клеток свидетельствует, что перифитон, занимающий промежуточное положение между планктоном и бентосом, связан с фитопланктоном в единый эколого–флористический комплекс [Рябушко и др., 2004]. При этом в процессе колонизации искусственных субстратов диатомовыми водорослями и развитии их сообществ в разных акваториях Мирового океана наблюдаются сходные тенденции [Горбенко, 1977; Бондарчук и др., 1985; Ковальчук, 1996; Неврова, Шадрин, 2005]. Так, скорость заселения диатомовыми водорослями опущенного в море предмета хотя и зависит от многих факторов, например от интенсивности перемешивания вод, но в первую очередь определяется наличием диатомей и их спор в планктоне [Ковальчук, 1996]. Эта закономерность довольно отчетливо прослеживалась в перифитоне экспериментальных пластин в бух. Сухопутная, где на первой стадии заселения доминировало небольшое число видов с высокой скоростью размножения.

Как было показано, специфическими чертами эпибиозов по отношению к перифитону являются:

- снижение доли подвижных и рост доли прикрепленных форм;
- увеличение доли бентосных и уменьшение доли фитопланктонных видов;
- большее общее обилие микроводорослей;
- меньшее видовое разнообразие за счет доминирования небольшого числа видов.

Все эти отличия, очевидно, следствие изменения свойств поверхности пластин за счет поселения и роста макрообрастателей. Увеличение плотности микро-

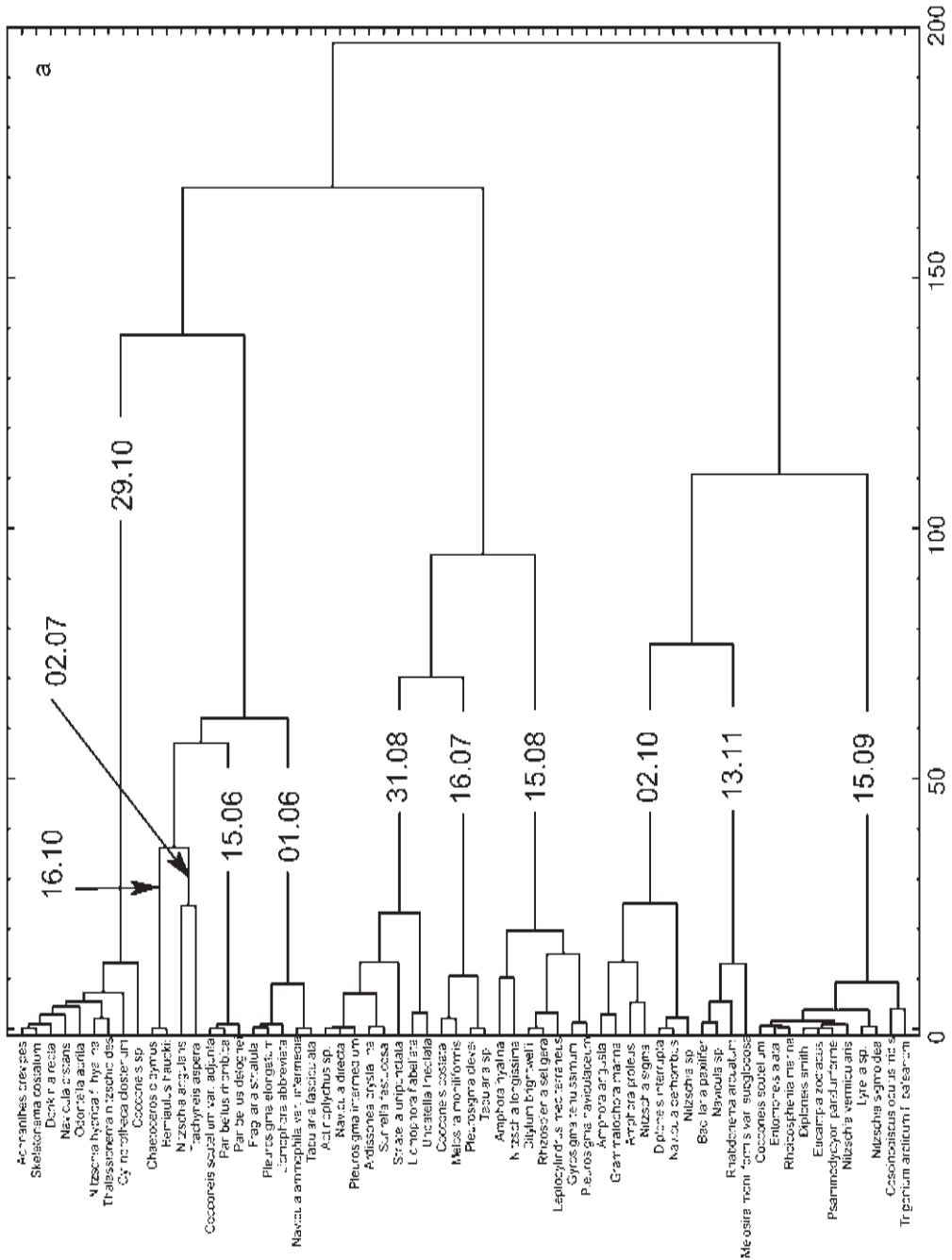
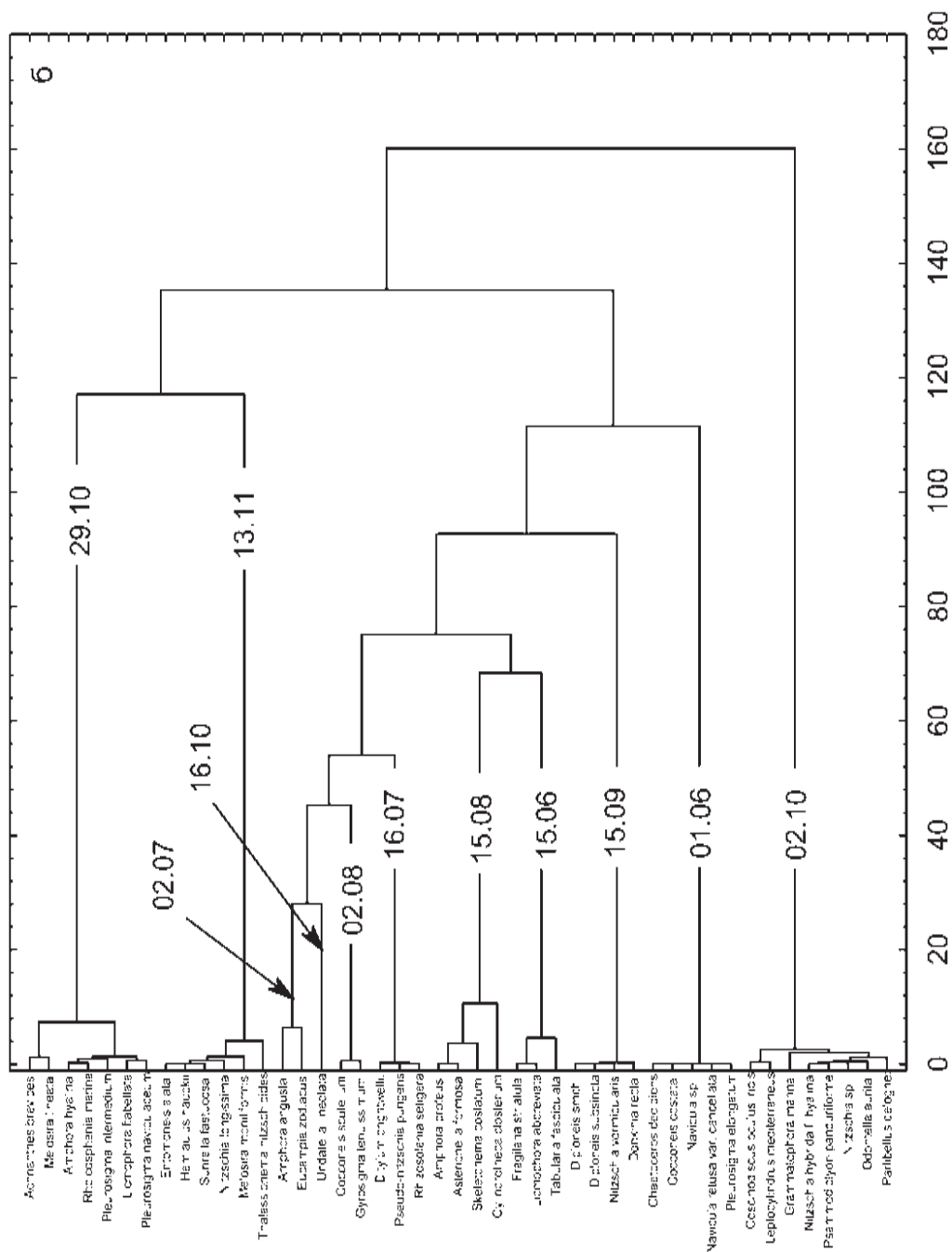


Рис. 3-22. Дендрогрaммы сходства видов диатомовых водорослей эпибиозов по срокам полученные методом Урда (метрика –



оседания на экспериментальные пластины в бухтах Сухопутная (а) и Золотой Рог (б), квадрат евклидова расстояния)

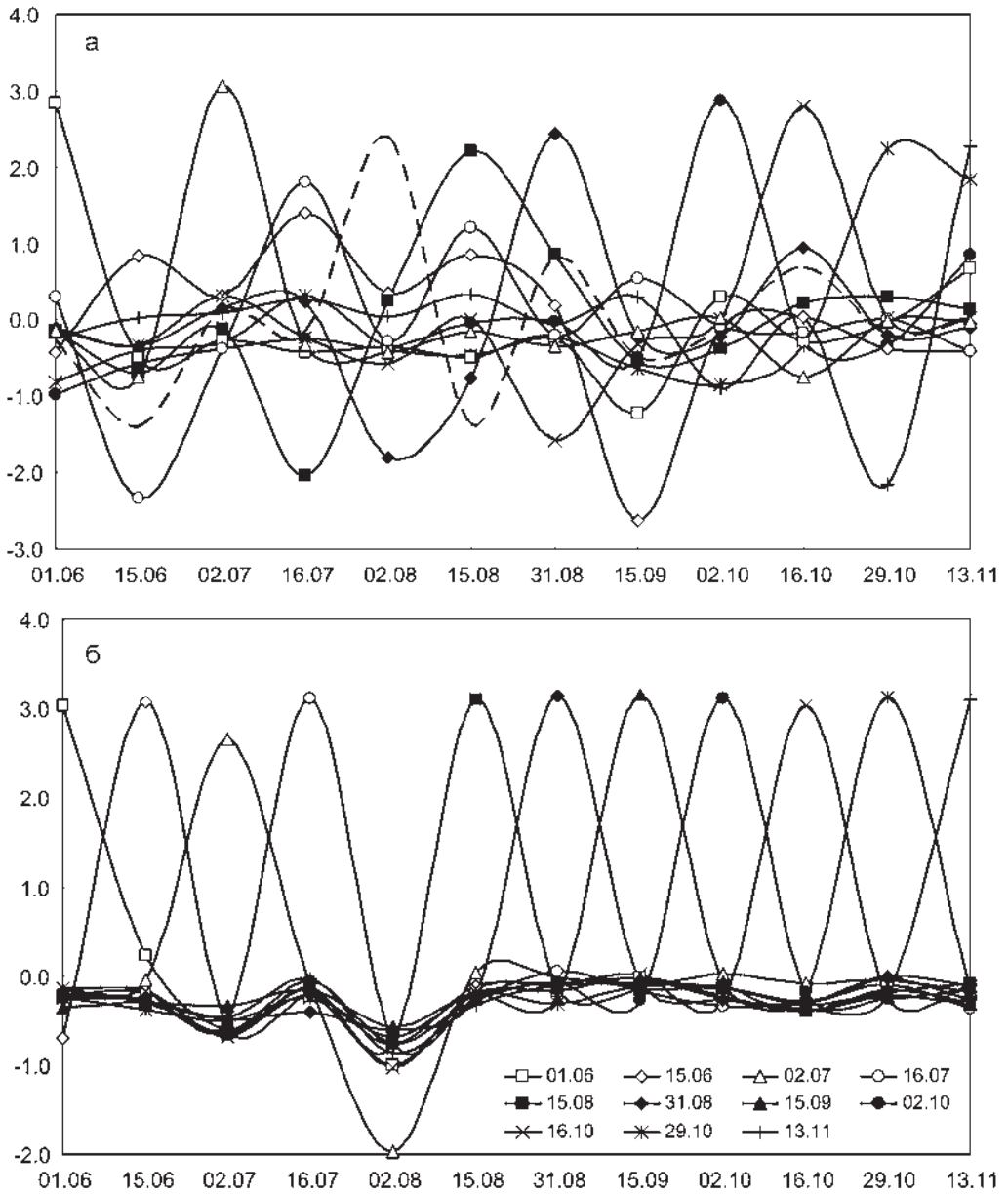


Рис. 3-23. Изменения значений факторов (ось ординат), полученных при анализе плотностей поселения диатомовых водорослей эпибиозов, поселившихся на экспериментальных пластинах в бухтах Золотой Рог (а) и Сухопутная (б) летом-осенью 2001 г.

водорослей ранее наблюдали на пластмассовых модулях и стеклянных пластинах при разных сроках их экспозиции в море, объясняя эту тенденцию появлением на субстратах макроформ обрастания из мейо- и зообентоса, которые являются при-

влекательными субстратами для поселения диатомовых водорослей [Рябушко, Завалко, 1992; Рябушко, 2009]. При этом сообщества микроперифитона приобретают некоторые черты стабилизации только на 2–3 месяца после начала экспозиции, когда начинают проявляться общие закономерности накопления биомассы обрастания [Рябушко, 2009]. Нельзя исключить и простое увеличение площади поверхности пластин из-за поселения макрообрастателей.

Основным субстратом для оседания эпибионтных диатомей в летне-осенний период в бухтах Золотой Рог и Сухопутная были сообщества мидий *M. trossulus*, полихет *P. limicola*, усонюгих раков *B. crenatus* и *A. improvisus* и колониальных асцидий (подробнее см. раздел 3.4 данной главы). При мозаичной колонизации стальных пластин баланусами, домики которых обладают защитным эффектом известкового слоя, интенсивность локальной коррозии поверхности пластин выше, чем при сплошном их поселении. Состав коррозионных агрегатов содержит вещества, оказывающие стимулирующее воздействие на биохимические реакции и обеспечивающие прикрепление некоторых видов к субстрату [Звягинцев, 2005].

Колонии прикрепленных моллюсков-фильтраторов выделяют в воду большое количество продуктов метаболизма, в результате чего диатомовая флора адаптирована к условиям высокой концентрации растворенного органического вещества [Смирнова и др., 1999], что постоянно наблюдается в гиперэвтрофных водах бух. Золотой Рог [Корякова и др., 2002, 2003]. Многие колониальные диатомеи, обитающие в эпибиозах мидий, по способу питания – миксотрофы, и в значительной степени могут питаться за счет экзометаболитов моллюсков и размножаться при недостатке света в присутствии органических веществ [Рябушко, 2002]. В условиях слабой освещенности из-за высокой концентрации в воде взвешенных органических веществ в клетках ряда эпибионтных диатомей не были обнаружены хроматофоры [Спетницкая и др., 2007].

Различия в соотношениях плотности микроводорослей перифитона и эпибиозов (плотность перифитона выше в бух. Сухопутная, чем в бух. Золотой Рог, а микрофлоры эпибиозов – наоборот), очевидно, связаны с отличиями в составе доминирующих видов. В эпибиозах бух. Золотой Рог большую часть исследуемого периода (июль-август и октябрь-ноябрь) преобладала мелкоклеточная фитопланктонная диатомея *S. costatum*, оседающая на макрообрастание в периоды своего «цветения» в фитопланктоне, тогда как состав доминантов перифитона был более разнообразным.

Снижение количественных показателей бентосных видов диатомей в эпибиозах бух. Золотой Рог и увеличение соответствующих показателей у фитопланктонных может быть обусловлено разными причинами. Во-первых, это отсутствие макрофитного звена в кустовой части бухты, служащего природным субстратом для колониальных и свободноживущих бентосных форм диатомей, а также резкие скачки концентраций загрязнителей в водах р. Объяснения, выпадающей в бухту. Например, во второй половине сентября в период повышенной концентрации нефтеуглеводородов ($8,07 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$) в эпибиозах бух. Золотой Рог были зафиксированы самые низкие показатели плотности ($0,21 \text{ млн кл./м}^2$) и биомассы ($0,37 \text{ мг/м}^2$) диатомовых водорослей на фоне смены доминирующего вида макрообрастания – полихет *P. limicola* на усонюгих раков *A. improvisus*.

Обычно рост числа планктонных диатомовых в бентосе и перифитоне соответствует времени отмирания фитопланктона, но иногда оно совпадает и с усилением антропогенного загрязнения акваторий токсикантами, способствующими оседанию на дно большей массы фитопланктона. При этом увеличиваются содержание детрита, органических веществ и дефицит кислорода, что угнетающе действует на бентосные диатомеи [Миловидова, 1982]. Поэтому на мелководьях, где длительное время концентрировались планктонные водоросли, нормальная бентосная флора развивается слабо, что может быть еще одной причиной уменьшения обилия перифитона и обеднения его видового состава в бух. Золотой Рог.

Как уже было отмечено, экстремальный уровень антропогенного воздействия в бух. Золотой Рог «слагается» из термального загрязнения, евтрофирования, высокого содержания нефтепродуктов, тяжелых металлов, фенолов, детергентов, пестицидов и ряда других токсичных веществ [Ващенко, 2000; Огородникова, 2001]. Многие из перечисленных веществ в концентрациях, обычных для данной акватории, могут угнетать процесс фотосинтеза за счет ингибирования ферментных систем клеточных мембран, разрушения структуры хлоропластов и блокирования функций хлорофилла [Горбенко, 1977; Кустенко, 2001; Ревков, Неврова, 2004; Барина и др., 2006]. Вероятно, это является главной причиной существенного снижения здесь обилия перифитона по сравнению с фоновым районом.

Некоторые тяжелые металлы, в т.ч. кадмий, свинец, цинк и марганец, вызывают у диатомовых водорослей морфо-физиологические изменения, проявляющиеся в потере способности клетки к прикреплению, движению, склеиванию в колонии, снижении темпа деления клеток, изменении формы и цвета хлоропластов, наступлении плазмолиза [Ковальчук и др., 2008].

Видовое разнообразие – функция видового богатства и выравненности распределения особей по видам, а загрязнение приводит к изменению соотношения этих компонент [Pearson, 1987]. Под его влиянием в сообществе начинают доминировать несколько толерантных видов, которые достигают аномально высокой плотности, а более чувствительные становятся редкими и исчезают. В численном выражении это проявляется в снижении индексов Шеннона–Винера и Пиелу. Эти закономерности характерны и для микроводорослей; при увеличении содержания органики и усилении антропогенного пресса, на фоне общего снижения плотности перифитона, «аборигенные» виды замещаются «антропогенными» [Эрхард, Сежен, 1984; Рябушко и др., 2004; Теренько, 2004].

Элиминация видов, чувствительных к загрязнению, упрощение структуры сообществ перифитона и эпибиозов, а также снижение обилия перифитона, наблюдаемые в бух. Золотой Рог, – суть проявление таких закономерностей. «Антропогенными» видами в бух. Золотой Рог являются *A. angusta*, *A. caroliniana* и *Nitzschia* sp. Для них характерна миксотрофность, что немаловажно при избытке органики и неблагоприятных для фотосинтеза условиях освещения и, собственно, в большей степени именно их массовое развитие вызывает здесь «цветение» и соответствующее снижение экологических индексов. В результате смены нативных видов на «антропогенные», которые обладают высокой толерантностью к воздействию загрязнения, происходит формирование высокоэффективного климаксного сообщества, выдерживающего значительное загрязнение [Барина и др., 2006].

Способность переключаться с одного типа питания на другой характерна и для *S. costatum*, достигающего массового развития в наиболее загрязненных экстремально-эвтрофных прибрежных водах [Стоник, 1999]. Поэтому высокая численность этого вида в фитопланктоне и его покоящихся спор в перифитоне и эпибиозах бух. Золотой Рог выглядит вполне закономерной.

Сапробиологический анализ диатомовых водорослей эпибиозов, как и для перифитона, свидетельствует о преобладании в бух. Золотой Рог индикаторов органического загрязнения вод (α -мезосапробионтов), преимущественно *A. caroliniana*, *T. fasciculata*, *S. costatum* и *M. moniliformis*, предпочитающих воду, обогащенную растворенным органическим веществом, и способных переходить от автотрофного к гетеротрофному или смешанному типу питания. Мелкоклеточные виды родов *Navicula* и *Nitzschia*, достигающие в отдельные месяцы высоких количественных показателей, также способны расти и развиваться в воде с высоким содержанием токсинов и нефтепродуктов [Андреева и др., 2002]. В эпибиозах бух. Сухопутная наблюдалось два мощных максимума α -сапробионтов – индикаторов условно чистых морских вод, однако, в течение большей части исследуемого периода здесь преобладали β -мезосапробионты – индикаторы умеренного загрязнения вод. Возможно, это обусловлено природным евтрофированием вод в результате элиминации макрофитов и их минерализации в теплое время года или, как у фитопланктона, подтоком загрязненных вод из бух. Горностай и стоками этого района Владивостока [Belan et al., 2003; Белан и др., 2007].

В целом сведения об изменениях обилия бентосных микроводорослей и структуры их сообществ в условиях антропогенного загрязнения весьма противоречивы. Например, на мелководье у Севастополя повышение евтрофирования вызывало рост количественных показателей, но не сопровождалось уменьшением видового богатства и разнообразия или доминированием немногих поли- и мезосапробных видов [Неврова, 1999]. Однако такие перестройки сообществ бентосных микроводорослей четко прослеживались на сильно загрязненных акваториях Одесского залива [Гуслияков, 1980]. В районе болгарского побережья Черного моря рост эвтрофикации вначале стимулировал развитие бентосных диатомей, но при превышении некоторого уровня она начинала действовать угнетающе [Петрова–Караждова, Темнискова–Топалова, 1994].

В пресных водоемах изменение индекса Шеннона–Винера, характеризующего видовое разнообразие, имеет бимодальный характер с тремя минимумами – в области чистых вод (по степени эвтрофикации – *прим. авторов*), на границе умеренно загрязненных и загрязненных вод и в области грязных вод [Протасов, Павлюк, 2004]. Как уже было отмечено в разделе 2.4, в соответствии с концепцией метаболического прогресса, предложенной В.Н. Тальских (1991), вдоль градиента трофности имеется несколько максимумов и минимумов разнообразия.

Подобные явления имеют место и в морских водоемах, хотя отчетливо зафиксированы только у макрозообентоса [Belan, Moshchenko, 2005; Moshchenko, Belan, 2008]. Однако эти закономерности присущи и сообществам бентосных микроорганизмов, что проявляется в отмеченных нами изменениях структуры сообществ перифитонных диатомовых. При увеличении содержания органики и усилении антропогенного пресса, на фоне общего снижения плотности, «абориген-

ные» виды замещаются «антропогенными» [Рябушко и др., 2004; Теренько, 2004; Рябушко, 2009]. Поэтому, вероятно, что водные экосистемы такого типа, как бух. Золотой Рог, подвергаются обоим подавляющим факторам – увеличению объема сбросов и увеличению их токсичности, оказывающим в целом не стимулирующее, а ингибирующее влияние на развитие бентосных форм диатомовых водорослей.

Сходство величин экологических индексов у перифитона сравниваемых акваторий позволяет подозревать недооценку уровня загрязнения вод бух. Сухопутная целым рядом исследователей. Тем более что грунты этой акватории загрязнены весьма основательно. Значения *TPF* – фактора общего загрязнения донных отложений, определяемого как среднее арифметическое ранжированных величин 5 приоритетных поллютантов (нефтяных углеводородов, фенолов, *Pb*, *Cu* и суммы ДДТ и его производных), достигают здесь в среднем 3,6 у.е. [Belan, Moshchenko, 2005; Мощенко, Белан, 2008; Moshchenko et al., 2009]. Это превышает величину *ERM_q* (3,41 у.е.), которая является нижней границей прогрессивной деградации сообществ макрозообентоса (выше этого значения *TPF* сообщества вырождаются). В бух. Золотой Рог *TPF* варьирует в пределах 4–5 у.е.

Следует отметить, что иная, но, по-видимому, более закономерная, картина наблюдается у микрофлоры эпибиозов, где средние значения видового разнообразия и выравненности в бух. Золотой Рог, как и у фитопланктона, были заметно ниже, чем в бух. Сухопутная. Поэтому вопрос о состоянии среды в бух. Сухопутная нельзя считать решенным однозначно.

Выделенные факторы объединяют неких, имеющих сходную встречаемость диатомей, так называемые рекуррентные виды, под которыми понимаются повторяющиеся в пространстве и времени группы совместно (в статистическом смысле слова) обитающих видов [Fager, 1969; Mills, 1969; Несис, 1977]. Следовательно, каждый из этих факторов соответствует некоему сообществу или ассоциации микроводорослей перифитона, развивающемуся за 15 суток (или ассоциаций микроводорослей эпибиозов, сформировавшихся в течение соответствующего периода экспозиции), а его максимальные значения приходятся на период расцвета или максимальной степени развития такого сообщества. Этот вывод правомочен даже с учетом изменчивости плотности микроводорослей: высокая вариабельность характерна для второстепенных видов, тогда как у доминантов и даже субдоминантов она не велика. А именно эти виды – основа того, что мы имеем в виду под терминами «сообщество» или «ассоциация», и того, что находит свое математическое выражение в величинах факторов.

Динамика факторов, кроме эпибиозов бух. Золотой Рог, однозначно свидетельствует о последовательной смене сообществ – в период исследований у каждого из них наблюдался лишь один максимум, а остальное время их значения были ничтожны. Таким образом, сообщества, возникающие и развивающиеся в течение 15 суток, по видовому составу были очень мало похожи друг на друга, и в период почти каждого нового срока экспозиции пластин появлялась новая оригинальная «композиция» микроводорослей. Следовательно, на двух исследованных акваториях немногим менее чем за полгода в перифитоне и эпибиозах визуализированы более 40 комбинаций (сообществ, ассоциаций) видов этих организмов.

Как показывает повседневный опыт, в материальном мире для многих систем малые изменения начальных условий приводят к малым изменениям результата.

Например, путь автомобиля мало изменится, если руль повернуть лишь слегка. Но есть ситуации, для которых справедливо противоположное, причем в последние годы стало ясно, что это типичное свойство многих систем [Шустер, 1988]. Сторона, на которую упадет монета, поставленная на ребро, зависит от слабого прикосновения. Последовательность «орлов» и «решек» при подбрасывании монеты проявляет хаотическое поведение во времени, так как крайне малые изменения начальных условий могут привести к совершенно различным результатам.

В нашем случае довольно незначительные изменения внешних условий – сильно ли меняется морская среда в середине гидрологического лета за две недели? – приводит к «катастрофическим» последствиям – одно сообщество исчезает, а на его место приходит другое. Авторами [Moshchenko, Zvyagintsev, 2001 а) показано, что сообщества макрообрастания судов дальнего плавания даже одной конструкции, курсирующих вдоль одной и той же транспортной линии, причем в сходные сроки, крайне мало похожи друг на друга. Очевидно, это несходство – во многом результат тех же латентных факторов (процессов, слабых колебаний, воздействий), что и при развитии перифитонной пленки из микроводорослей на экспериментальных пластинах.

3.2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ВЕСЛОНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ В ВОДОЗАБОРНОМ КОВШЕ И МЕСТЕ СБРОСА ОТРАБОТАННЫХ ВОД

В зоопланктоне исследованных акваторий обнаружен 21 вид веслоногих ракообразных (для отдельных сроков сбора $7,4 \pm 0,4$ вида в пробе), относящихся к 2 отрядам, 9 семействам и 12 родам этих животных (прил. 2, табл. 11). Наиболее представительным оказался род *Acartia* – 5 видов, далее следовал род *Oithona* – 4, остальные роды насчитывали не более 2 видов. Среди найденных копепод преобладали морские виды – 81 % (эвригалинные – 19 %), а по отношению к биотопу – неретические (57,1 %) (рис. 3-24; прил. 2, табл. 11). При этом биогеографический состав был крайне разнообразен – обнаруженные виды относились к 14 биогеографическим подразделениям, а преобладали циркумтропические низкорореальные и широкобореально–арктические виды (по 14,3 %).

Среднегодовая плотность веслоногих ракообразных на исследованных акваториях составила 12387 ± 2007 экз./м³. *Oithona similis* был обнаружен во всех пробах, очень часто встречались *Acartia hudsonica* и *Pseudocalanus newmani* (встречаемость соответственно 84,6 и 80,8 %), в 50 % и более проб были найдены еще 3 вида – *Paracalanus parvus*, *Calanus glacialis* и *Oithona brevicornis* (прил. 2, табл. 12). Наибольший вклад в общую плотность вносил *P. parvus* 2724 ± 970 экз./м³ (19,3 % от общей плотности), несколько уступали ему *A. hudsonica* и *O. brevicornis* (соответственно 2165 ± 804 и 2153 ± 760 экз./м³; 15,3 и 15,2 %). Доля еще 2 видов – *O. similis* и *P. newmani* превышала 10 % (1922 ± 800 и 1440 ± 619 экз./м³; 13,6 и 10,2 %). В целом фауна веслоногих ракообразных не отличалась заметным разнообразием на фоне невысокой степени выравниваемости распределения видов по рангам ($H=0,984 \pm 0,061$, $e=0,501 \pm 0,030$ бит/м³).

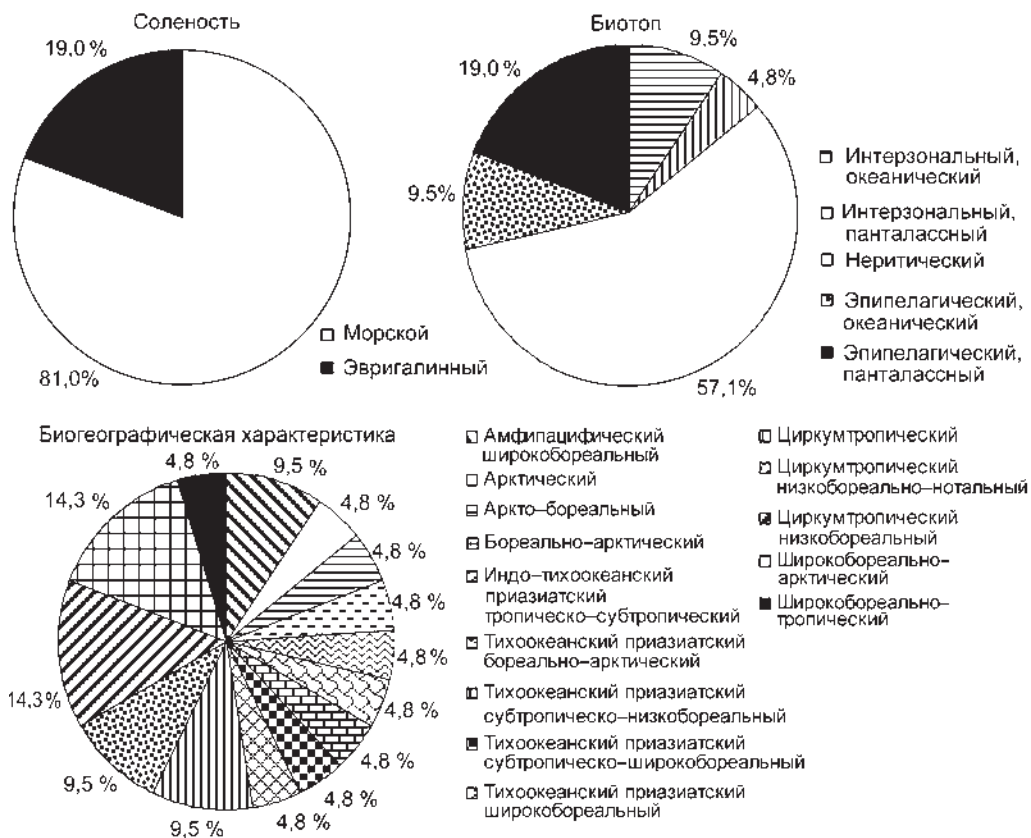


Рис. 3-24. Качественный состав видов веслоногих ракообразных, обнаруженных на исследованных акваториях

В зоопланктоне бух. Золотой Рог найден 21 вид веслоногих ракообразных, в бух. Сухопутная – 19. Общими для этих акваторий оказались 19 видов (сходство 90,5 %), при этом в качественном отношении обнаружено лишь одно «существенное» отличие – в бух. Сухопутная не были найдены *Eurytemora pacifica* и *Triconia borealis* (прил. 2, табл. 11). Весьма сходен и состав видов, доминирующих по встречаемости. На обеих акваториях *O. similis*, естественно, имел 100 %-ную встречаемость, *A. hudsonica* была обнаружена в 84,6 % проб, *P. newmani* – в 84,6 и 76,9 % соответственно в бухтах Сухопутная и Золотой Рог (прил. 2, табл. 12). Сходную встречаемость в этих районах имел и *O. brevicornis* (соответственно 46,2 и 53,8 %). К существенным отличиям следует отнести большую встречаемость *Calanus glacialis* в бух. Сухопутная, чем в бух. Золотой Рог (соответственно 61,5 и 38,5 %) и, наоборот, меньшую у *Oithona atlantica* (7,7 и 53,8 %). Первый вид по биогеографической принадлежности относится к арктическим веслоногим, второй – к широкобореальным тропическим. Несколько чаще, чем в бух. Сухопутная, в бух. Золотой Рог наблюдались и науплии – личиночные стадии этих животных (38,5 и 46,2 %).

Среднегодовая плотность веслоногих ракообразных в бух. Золотой Рог была почти в 2 раза ниже, чем в бух. Сухопутная (соответственно 8437 ± 1899 и 16336 ± 3252 экз./м³). Общие значения индексов видового разнообразия и выравненности в бух. Сухопутная были несколько выше, чем в бух. Золотой Рог (2,003 и 1,898; 0,669 и 0,614). В это же время их значения, осредненные для отдельных проб, – наоборот, были ниже для зоопланктона бух. Сухопутная, хотя, учитывая изменчивость этих индексов, такие различия вряд ли следует считать существенными ($0,896 \pm 0,099$ и $1,073 \pm 0,066$; $0,491 \pm 0,055$ и $0,51 \pm 0,03$ бит/м³).

В численном отношении в бух. Сухопутная преобладали *P. parvus* (плотность 3622 ± 1729 экз./м³, доля в общей численности 22,2 %), *A. hudsonica* (3314 ± 1547 и 20,3), *O. similis* (2850 ± 1499 и 17,4), меньшее значение имели *P. newmani* и *O. brevicornis* (соответственно 2171 ± 1206 и 1872 ± 1052 ; 13,3 и 11,5). В бух. Золотой Рог по плотности доминировал *O. brevicornis* ($2434 \pm 1133,9$ экз./м³ и 28,8 %), заметно меньший вклад вносил *P. parvus* (1827 ± 892 и 21,7). Еще 3 вида имели долю более 10 % – *A. hudsonica*, *O. similis* и *Acartia tumida* (1017 ± 280 и 12,0, 995 ± 526 и 11,8, 900 ± 878 и 10,7). Таким образом, учитывая биогеографическую принадлежность доминирующих и чаще других встречающихся видов, комплекс веслоногих ракообразных бух. Золотой Рог имеет более «тепловодный» характер, чем таковой бух. Сухопутная (прил. 2, табл. 11, 12). Другое существенное отличие этих акваторий – почти в 5 раз более низкая средняя плотность науплиев в бух. Золотой Рог по сравнению с бух. Сухопутная (соответственно 34 ± 13 и 151 ± 88 экз./м³).

В зоопланктоне бух. Золотой Рог на уровне сходства 65–70 % можно выделить 3 сезонных комплекса копепод (рис. 3-25). Первый, весенний комплекс, включает в себя все весенние месяцы. Второй, летне-осенний, объединяет июль, август, сентябрь и октябрь, третий, зимний, – ноябрь и все зимние месяцы. При этом копеподы июня оказываются «нерасклассифицированными» и наиболее близкими зимнему комплексу. Подобные, но не идентичные комплексы (на уровне 50–65 %) наблюдаются и в бух. Сухопутная (рис. 3-25). Первый – весенне-летний – включает все весенние месяцы, июнь и июль; второй – летне-осенний – август и все осенние месяцы; третий – зимний – все зимние месяцы. Май 2002 г. остается нерасклассифицированным, присоединяясь к зимнему комплексу.

В весенне-летнем комплексе бух. Сухопутная доминировал *A. hudsonica* (субдоминанты – *P. newmani*, *A. tumida* и *O. similis*), в весеннем бух. Золотой Рог – *A. tumida* (*A. hudsonica*, *P. newmani* и *O. similis*) (прил. 2, табл. 13, 14). В летне-осенних комплексах исследованных акваторий преобладали *P. parvus* и *O. brevicornis*: в бух. Сухопутная доминировал первый вид, в бух. Золотой Рог – второй. В зимнем зоопланктоне бух. Сухопутная наибольшую плотность давала *O. similis* (субдоминант – *P. newmani*). Зимний комплекс бух. Золотой Рог имел явное сходство с весенним бух. Сухопутная – *A. hudsonica* (*P. newmani*, *O. brevicornis* и *O. similis*).

Самой многочисленной была фауна копепод летне-осеннего комплекса бух. Сухопутная; лишь немного в этом отношении уступал ей весенне-летний комплекс данной акватории (прил. 2, табл. 13, 14). Минимальная плотность веслоногих ракообразных была характерна для зимних комплексов исследованных районов, но в бух. Золотой Рог она была почти в 5 раз выше, чем в бух. Сухопутная.

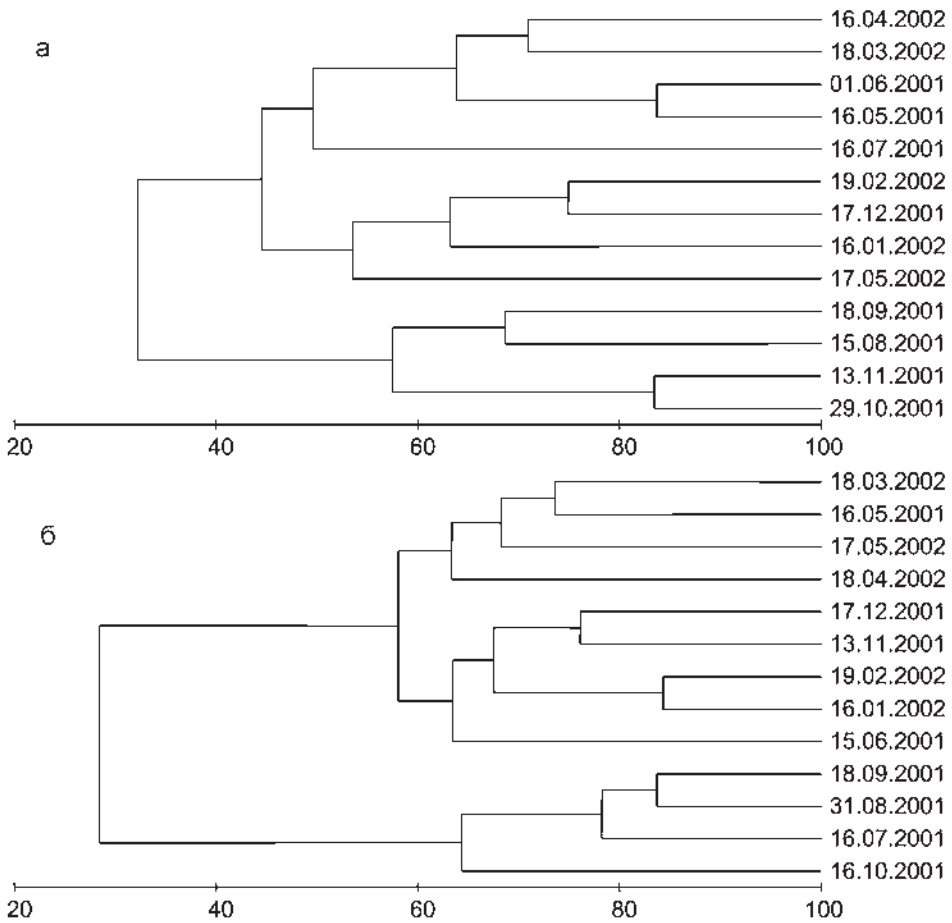


Рис. 3-25. Дендрограммы сходства фаун веслоногих ракообразных в бухах Сухопутная (а) и Золотой Рог (б) (метрика – коэффициент сходства Брея-Кертиса, метод групповой средней) в различные месяцы 2001-2002 гг.

Наибольшее число видов копепод встречено в весенне-летнем планктоне бух. Сухопутная, наименьшее – в ее зимнем комплексе (соответственно 18 и 8). Число видов в сезонных комплексах бух. Золотой Рог варьировало в меньшей степени (от 11 видов в весеннем планктоне до 13 в зимнем). В терминах теории информации наиболее разнообразным был зоопланктон зимнего комплекса бух. Золотой Рог (максимальные величины экологических индексов), наименее – летний в этой же бухте и зимний – в бух. Сухопутная (прил. 2, табл. 13, 14).

В бух. Золотой Рог в 2001–2002 гг. суммарная плотность веслоногих ракообразных изменялась в пределах 1339–21943 экз./м³, при этом в ее годовом цикле наблюдались один основной и два дополнительных максимума (рис. 3-26). Главный пик плотности наблюдался в конце августа – середине сентября, допол-

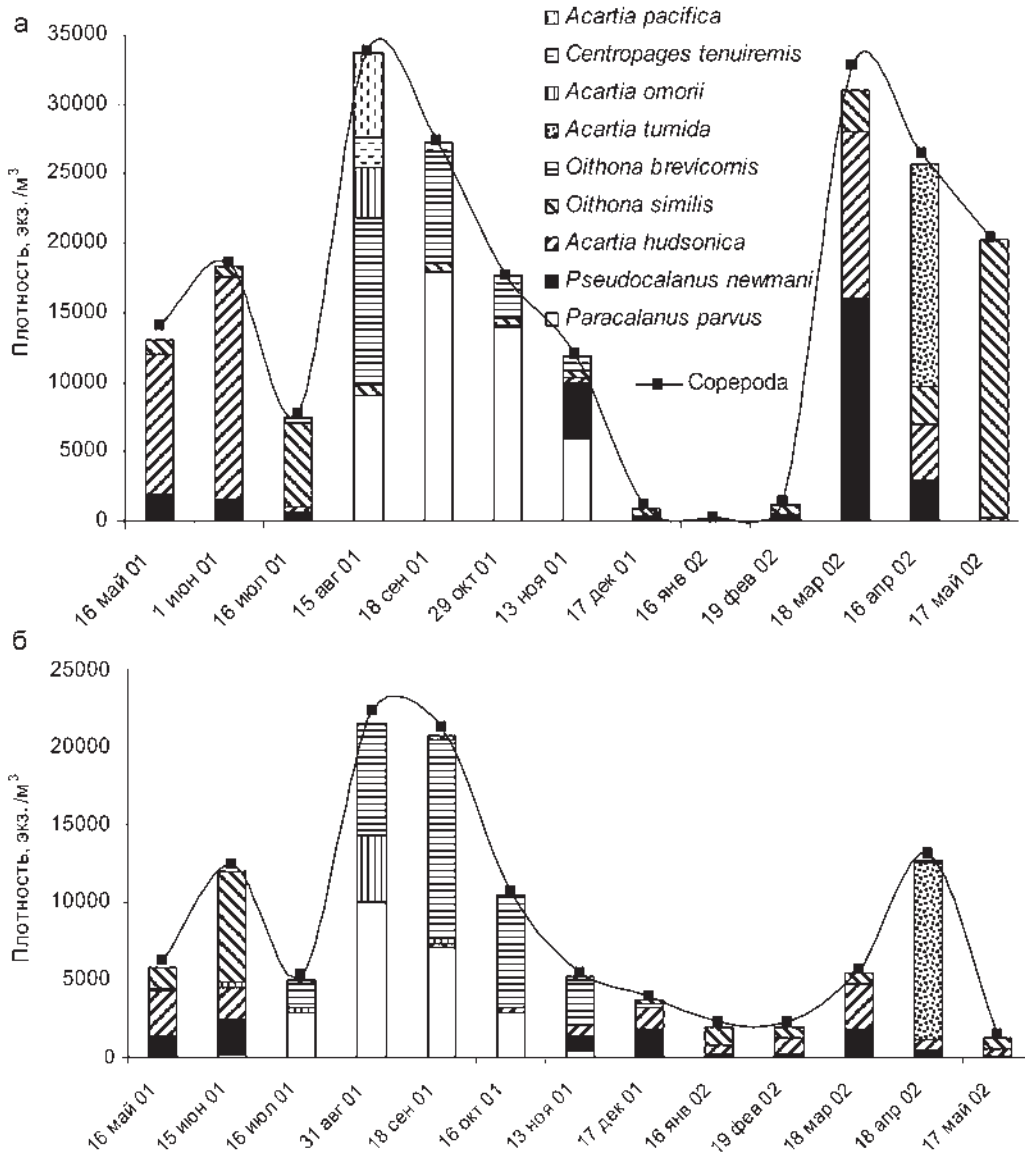


Рис. 3-26. Изменения состава доминирующих видов и плотности веслоногих ракообразных в бухтах Сухопутная (а) и Золотой Рог (б) в 2001-2002 гг.

нительные – почти равные по величине – в середине июня и середине апреля. В августе-сентябре преобладали тепловодные виды копепод – *P. parvus* (7142–10000 экз./м³), *Acartia omorii* (2857–4285 экз./м³) и *O. brevicornis* (7142–12857 экз./м³). С ноября по июнь доминировали холодноводные виды – *P. newmani* (142–1714 экз./м³), *A. hudsonica* (428–2857 экз./м³), *A. tumida* (14–11428 экз./м³) и

O. similis (214–7142 экз./м³). Максимальное число видов было отмечено в январе 2002 г. (11) и мае 2001 г. (10), а наиболее разнообразной фауна копепод была в зимние и некоторые весенние месяцы (рис. 3-27). Минимум разнообразия по всем показателям был отмечен в апреле 2002 г. Личиночные стадии наблюдались в ноябре, с января по апрель, варьируя от 29 до 86 экз./м³, и достигали максимальной плотности в июне (143 экз./м³) (рис. 3-28).

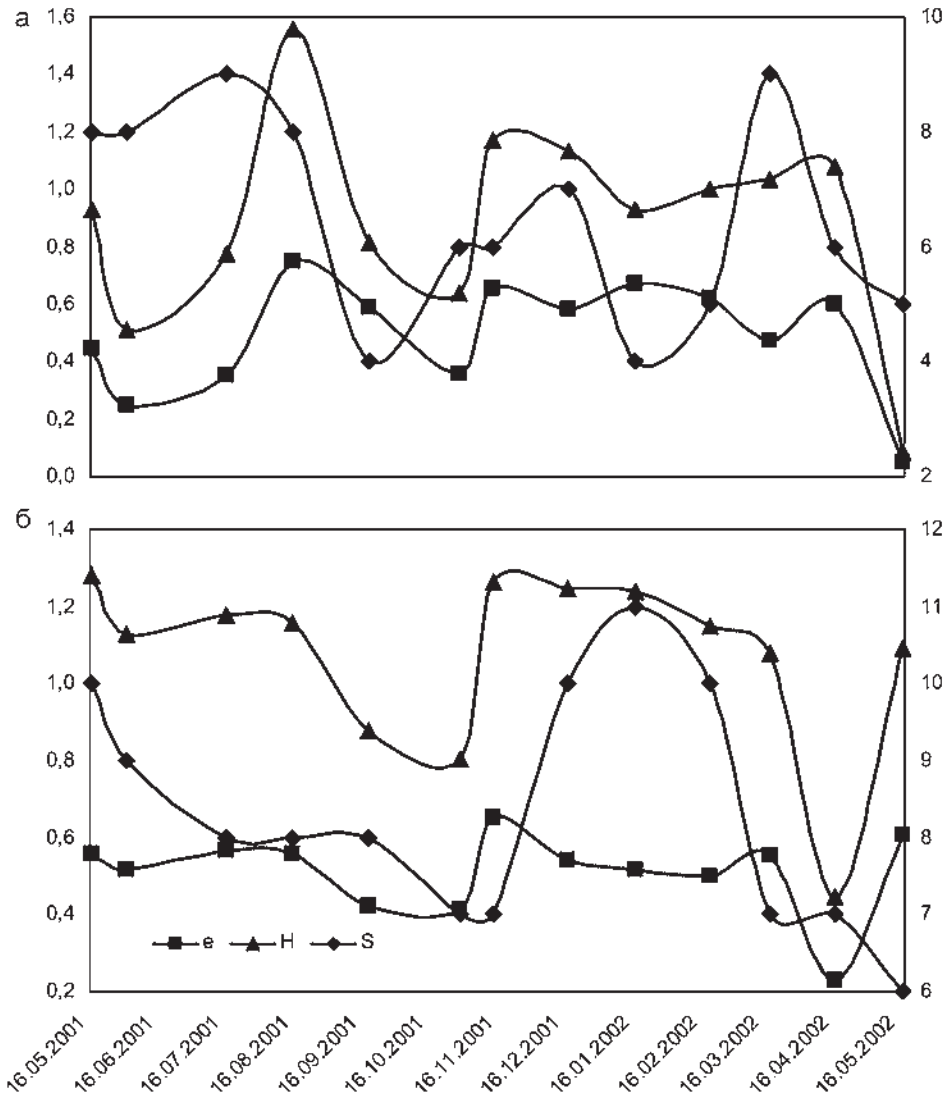


Рис. 3-27. Изменения индексов видового разнообразия Шеннона–Винера, выравненности, Пielу (главная ось ординат, инф. биты) и числа видов в пробах (дополнительная) в бухтах Сухопутная (а) и Золотой Рог (б) в 2001-2002 гг.

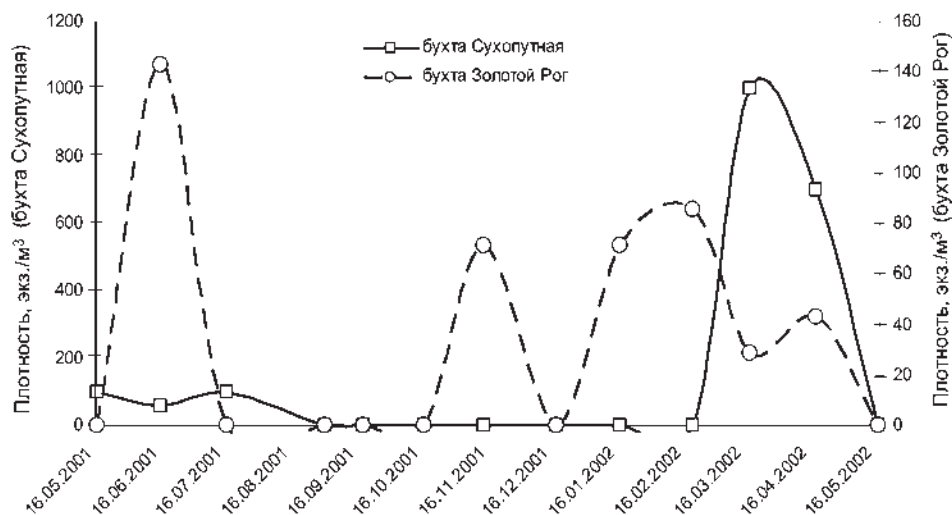


Рис. 3-28. Динамика плотности науплиев копепод на исследованных акваториях в 2001-2002 гг.

В водозаборном ковше плотность копепод варьировала от 118 до 33790 экз./м³, при этом были отмечены два почти равных по величине основных максимума (середина августа 2001 г. и середина марта 2002 г.) и один дополнительный – в начале июня 2001 г. (рис. 3-26). В ноябре-июне преобладали холодноводные виды, главным образом *P. newmani*, *A. hudsonica*, *A. tumida* (все – до 16000 экз./м³), *O. similis* (до 20000 экз./м³) и *C. glacialis* (до 600 экз./м³). В августе – начале сентября доминировали тепловодные *P. parvus* (9000–18000 экз./м³), *A. omorii* (до 3600 экз./м³), *O. brevicornis* (8000–12000 экз./м³), *Acartia pacifica* (6000 экз./м³) и *Centropages tenuiremis* (2300 экз./м³). Наибольшее число видов зарегистрировано в июле 2001 г. и марте 2002 г. (по 9), а наиболее разнообразной фауна копепод была во время первого основного максимума плотности (рис. 3-27). Минимум разнообразия с позиций теории информации пришелся на май 2002 г. Науплии копепод фиксировались в планктоне с марта по июнь с наибольшей плотностью в марте и несколько меньшей – в апреле 2002 г. (соответственно 1000 и 700 экз./м³) (рис. 3-28).

Следует подчеркнуть, что периоды присутствия в планктоне многих тепловодных видов в бух. Золотой Рог по сравнению с бух. Сухопутная заметно продолжительней и/или смещены в направлении холодного времени года. Например, *O. brevicornis* наблюдалась в планктоне бух. Золотой Рог с июля по январь, а в бух. Сухопутная – с июня по ноябрь, *P. parvus* – соответственно с июня по январь и с июль по декабрь, *O. nana* – с июля по октябрь и с июля по август. *C. tenuiremis* отмечался с июня по сентябрь и с июля по сентябрь, *A. omorii* – с июня по сентябрь и с июля по август. Наоборот, у ряда холодноводных видов сроки нахождения в планктоне в бух. Золотой Рог сокращены относительно бух. Сухопутная и/или смещены на более раннее время. Это характерно для *P. newmani* (отсутство-

вал в районе сброса вод в июле–августе, в Уссурийском заливе – в августе и сентябре), *A. hudsonica* (соответственно в июне–августе и августе–сентябре), *A. tumida* (с июня по февраль и с июля по февраль), *C. glacialis* (большую часть года и только с июня по август).

Плотности видов копепод, найденных в бухтах Сухопутной и Золотой Рог, можно представить соответственно в виде 4 и 2 факторов, которые в сумме объясняют 85,1 и 54,0 % дисперсии плотностей поселения этих животных (табл. 3-8, 3–9). Для обеих акваторий такие решения основаны прежде всего на результатах иерархического факторного анализа. В первом случае значительная скоррелированность кластеров первичных переменных ($r > 0,4$) наблюдалась при количестве факторов > 4 , во втором – даже при 3 факторах.

Таблица 3-8

Нагрузки факторов, полученных методом главных компонент и вращением варимакс при анализе плотности веслоногих ракообразных, найденных в бухте Сухопутная в 2001–2002 гг.

Таксон	Фактор			
	1	2	3	4
<i>Acartia pacifica</i>	-0,981	0,052	0,059	0,004
<i>Acartia omorii</i>	-0,981	0,052	0,059	0,005
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	-0,981	0,051	0,058	0,004
<i>Centropages tenuiremis</i>	-0,974	0,079	0,122	0,076
<i>Oithona nana</i>	-0,930	0,079	0,099	0,017
<i>Oithona brevicornis</i>	-0,858	0,128	0,232	0,196
<i>Oithona atlantica</i>	0,038	-0,994	0,056	-0,009
<i>Tortanus discaudatus</i>	0,038	-0,994	0,056	-0,009
<i>Pseudocalanus minutus</i>	0,044	-0,992	0,058	-0,006
<i>Pseudocalanus newmani</i>	0,099	-0,964	-0,026	-0,147
nauplii Copepoda	0,085	-0,791	0,024	-0,592
<i>Acartia longiremis</i>	0,062	0,048	-0,919	0,058
<i>Neocalanus plumchrus</i>	0,021	0,067	-0,908	0,036
<i>Centropages abdominalis</i>	0,152	0,134	-0,907	0,105
<i>Calanus glacialis</i>	0,023	0,069	-0,876	0,026
<i>Acartia tumida</i>	0,067	0,099	0,094	-0,973
<i>Metridia pacifica</i>	0,080	-0,488	0,117	-0,848
<i>Acartia hudsonica</i>	0,106	-0,534	-0,667	-0,140
<i>Oithona similis</i>	0,195	0,042	0,114	-0,025
<i>Paracalanus parvus</i>	-0,347	0,173	0,353	0,346
Объясняемая дисперсия	5,669	5,148	3,965	2,238
Доля объясняемой дисперсии	0,283	0,257	0,198	0,112

Примечание. Жирным шрифтом выделены нагрузки $> 0,7$.

Таблица 3-9

Нагрузки факторов, полученных методом главных компонент и вращением варимакс при анализе плотности веслоногих ракообразных, найденных в бух. Золотой Рог в 2001–2002 гг.

Таксон	Фактор	
	1	2
<i>Oithona nana</i>	-0,943	-0,184
<i>Eurytemora pacifica</i>	-0,938	-0,226
<i>Paracalanus parvus</i>	-0,936	-0,283
<i>Centropages tenuiremis</i>	-0,846	-0,264
<i>Acartia omorii</i>	-0,843	-0,077
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	-0,810	-0,053
<i>Oithona brevicornis</i>	-0,684	-0,370
nauplii <i>Copepoda</i>	0,500	0,053
<i>Acartia longiremis</i>	0,434	-0,135
<i>Oithona atlantica</i>	0,142	0,942
<i>Calanus glacialis</i>	-0,086	0,875
<i>Neocalanus plumchrus</i>	-0,078	0,801
<i>Metridia pacifica</i>	0,182	0,786
<i>Centropages abdominalis</i>	0,110	0,770
<i>Acartia hudsonica</i>	0,412	0,707
<i>Pseudocalanus minutus</i>	0,315	0,698
<i>Pseudocalanus newmani</i>	0,434	0,527
<i>Triconia borealis</i>	0,025	-0,271
<i>Acartia tumida</i>	0,235	-0,219
<i>Oithona similis</i>	0,242	0,353
<i>Tortanus discaudatus</i>	0,318	0,079
<i>Acartia pacifica</i>	-0,114	-0,232
Объясняемая дисперсия	6,400	5,478
Доля объясняемой дисперсии	0,291	0,249

Примечание. Жирным шрифтом выделены нагрузки >0,7.

В бух. Сухопутная фактор 1 объясняет изменчивость плотностей исключительно тепловодных видов, остальные три фактора – главным образом более холодноводных, причем второй фактор в значительной степени контролирует и плотность науплиев. В бух. Золотой Рог первый фактор «управляет» плотностями также в основном тепловодных копепод (исключение – бореально-арктический *E. pacifica*), второй фактор – плотностями более холодноводных. Внутригодовое изменение величин полученных факторов в бух. Сухопутная характеризуется наличием у каждого из них одного единственного максимума (у фактора 1 – в августе, у остальных – последовательно в весенние месяцы, кроме мая 2002 г.) на фоне примерно равных значений в остальное время (рис. 3-29). Для бух. Золотой Рог флуктуации факторов носят заметно иной характер, отличаясь выраженной полимодальностью, особенно отчетливой у фактора 2. В то же время хорошо различимы и их главные «пики» – у первого он приурочен к середине августа, у второго – к маю 2001 г.

Антропогенное загрязнение портовых вод, судя по литературным данным, является фактором, подавляющим развитие копепод, и приводит к снижению общей плотности всего зоопланктона [Милейковский, 1981]. Очевидно, что экстремальное загрязнение бух. Золотой Рог – одна из главных причин снижения здесь численности веслоногих ракообразных по сравнению с более чистой бухтой Сухопутная.

В бухте Сухопутная динамика копепод следует классической схеме (см., например, Шунтов, 2001], когда весной, вслед за вспышкой обилия фитопланктона (см. раздел 3.1.1), наблюдается пик развития сначала личиночных стадий, а затем и максимум плотности взрослых особей этих, причем относительно холодно- и умеренноводных, ракообразных. Вторым основной пик, обусловленный мас-

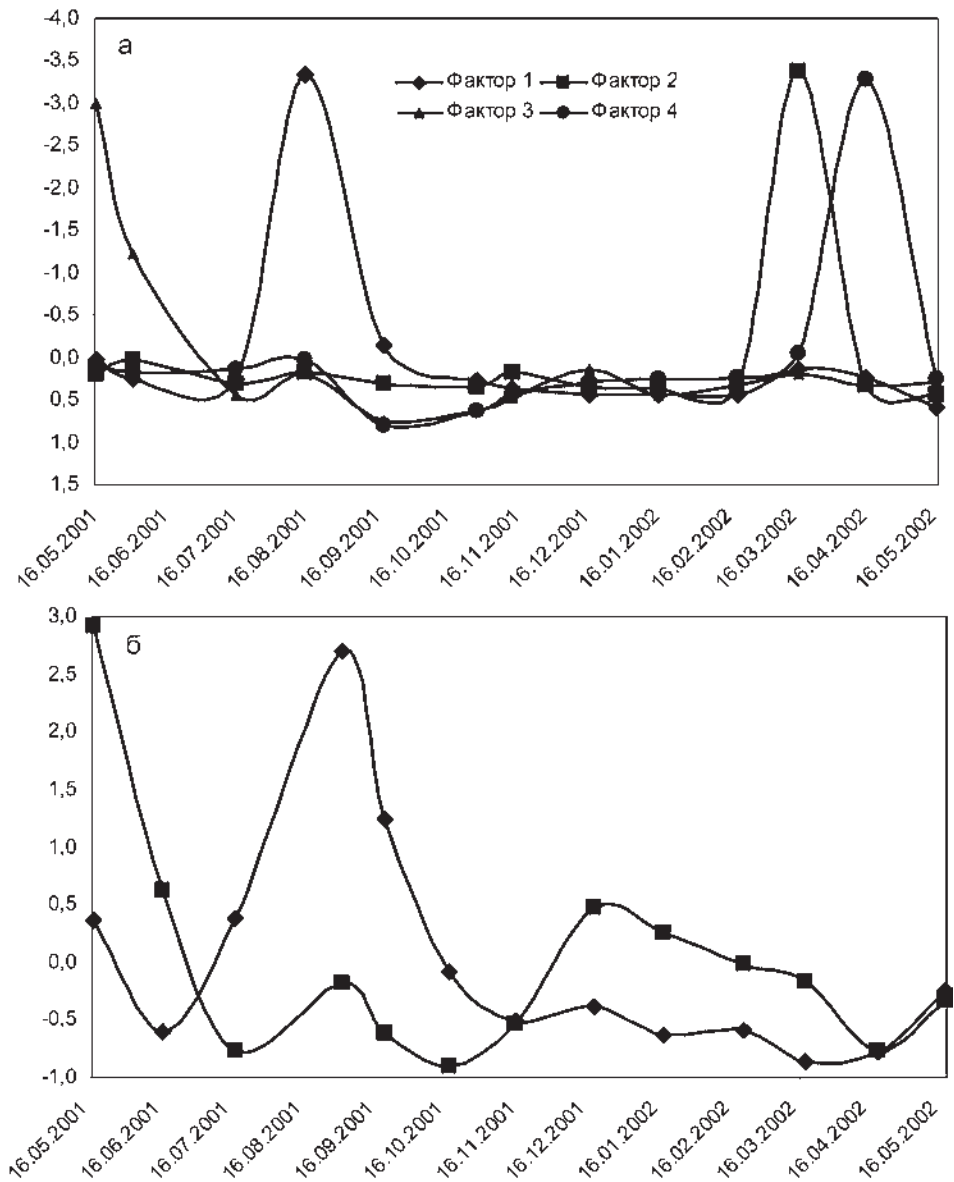


Рис. 3-29. Изменения значений факторов (ось ординат), полученных при анализе плотностей веслоногих раков, найденных в бухтах Сухопутная (а) и Золотой Рог (б) в 2001-2002 гг.

совым появлением более тепловодных видов, наблюдается, естественно, в разгар гидрологического лета, слегка смещаясь относительно летнего максимума обилия фитопланктона, но на фоне полного отсутствия науплиев. Последнее, вероятно, может быть следствием «недолова» этих стадий, хотя существует мнение [Кун, 1975], что южные элементы планктона в Японском море не размножаются,

и этот водоем является для них только зоной выноса. Вместе с тем в обзоре В.П. Шунтова [2001] этот вывод опровергаются многочисленными фактами реальных наблюдений.

Так или иначе, основным фактором, контролирующим обилие копепод, является смена гидрологических сезонов, что и отражают результаты факторного анализа. Как уже было отмечено для микроводорослей перифитона и эпибиозов, выделенные факторы объединяют неких, имеющих сходную встречаемость веслоногих ракообразных, так называемые рекуррентные виды, под которыми понимаются повторяющиеся в пространстве и времени группы совместно (в статистическом смысле слова) обитающих видов. Гидрологической весне соответствует весенний комплекс, лету – летний. В бух. Золотой Рог естественный ход и смена гидрологических сезонов нарушена и в результате – налицо нарушение природной динамики и состава планктонного сообщества.

Изменение сроков пребывания в планктоне холодноводных и тепловодных видов в бух. Золотой Рог, очевидно, также следствие нарушения теплового режима вод этой акватории. Ранее было показано, что тропические виды *P. parvus* и *O. brevicornis* исчезают из планктона Амурского залива в конце октября [Микулич, Бирюлина, 1977; Ермакова, 1994, Касьян, 2006]. В нашем исследовании они «задержались» в бух. Золотой Рог до января. Возможно, «подогрев» данной акватории за счет сбросных вод системы охлаждения ТЭЦ-2 способствует акклиматизации здесь этих видов копепод.

Другим фактором, обеспечивающим отличия комплексов копепод исследованных акваторий, может быть система течений, поскольку для планктона отмечена довольно строгая приуроченность видов к конкретным модификациям вод [Школдина, Погодин, 1999]. Так, к числу характерных видов веслоногих ракообразных, найденных вблизи сброса вод ВТЭЦ-2, относится *E. pacifica*, который приурочен к опресненным районам Амурского залива и может переноситься течениями в бухту Золотой Рог. Одновременно сюда не доходит ветвь течения, идущая из Уссурийского залива с более холодными и солёными водами Японского моря, и плотность холодноводных океанических видов здесь снижена.

3.3. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА И ОСЕДАНИЕ ПЕЛАГИЧЕСКИХ ЛИЧИНОК

Большинство видов–обрастателей в своем развитии проходит стадию пелагической личинки. Для более полного понимания особенностей их жизненного цикла необходимо стендовые испытания дополнять изучением сезонной динамики и вертикальной стратификации личинок в планктоне. Такое комплексное исследование позволяет с большей точностью прогнозировать сроки, плотность и глубину оседания обрастателей на антропогенные субстраты.

Сезонная динамика оседания обрастателей на пластины из разного материала в зал. Петра Великого, в частности в бух. Золотой Рог, достаточно хорошо изучена [Горин, Мурахвери, 1973; Горин, 1975б; Звягинцев и др., 1990; Корякова и др., 2002]. Однако данные по динамике их личинок в Уссурийском заливе в литературе отсутствуют.

Ниже представлены результаты сравнительного исследования сезонной динамики личинок и оседания основных организмов обрастания на экспериментальные пластины в бухтах Сухопутная и Золотой Рог. Поскольку основным обрастателем трубопроводов является тихоокеанская мидия *M. trossulus*, представлялось интересным исследовать вертикальную стратификацию личинок мидии в планктоне. Полученная информация может быть использована для разработки рекомендаций по предотвращению обрастания системы охлаждения станции.

3.3.1. Сезонная динамика основных групп меропланктона

Личинки донных беспозвоночных присутствовали в планктоне исследуемого района в течение всего года, при этом их таксономический состав и суммарная плотность широко варьировали. Наибольшая плотность меропланктона наблюдалась в июле и августе, в период максимального прогрева вод, наименьшее обилие зафиксировано в зимне-весенний период, с декабря по май. В водозаборном ковше и в районе сброса вод ВТЭЦ-2 зарегистрировано почти равное число таксонов личинок. Вместе с тем отмечены существенные отличия в таксономическом составе и численности меропланктона этих акваторий (рис. 3-30).

В водозаборном ковше суммарная плотность меропланктона изменялась в течение года от десятков в декабре–январе до 3000 экз./м³ в начале августа и 4000 экз./м³ в середине ноября (рис. 3-30, а). В августе преобладали личинки двустворчатых моллюсков (1700 экз./м³), полихет (1012 экз./м³) и брюхоногих моллюсков (500 экз./м³). В ноябре доминировали личинки полихет, главным образом сем. Spionidae (2700 тыс. экз./м³).

У 44-го причала плотность меропланктона оказалась значительно выше и насчитывала десятки и сотни экземпляров на кубический метр зимой и 1–17 тысяч в весенне-летний период (рис. 3-30, б). При этом в июне–июле, в период максимальной численности, преобладали науплии усоногих раков, концентрация которых в планктоне доходила до 10 тыс. экз./м³, и личинки двустворчатых моллюсков, главным образом тихоокеанской мидии *M. trossulus*, плотность которых достигала в начале июля 6420 экз./м³.

Значительную часть меропланктона составляли личинки организмов-обрастателей. Пелагические личинки видов, формирующих обрастание, присутствовали как в водозаборном ковше, так и в бух. Золотой Рог.

3.3.2. Сезонная динамика оседания основных обрастателей и динамика их пелагических личинок

В составе сообществ макрообрастания 15-суточных пластин в водозаборном ковше ВТЭЦ-2 зарегистрировано 17 видов животных и 1 вид водорослей (прил. 2, табл. 15). Число видов по группам распределено достаточно неравномерно: разноногих раков – 6 видов, многощетинковых червей – 3 вида, усоногих раков, двустворчатых и брюхоногих моллюсков – по два вида, гидроидов и мшанок – по одному виду соответственно [Звягинцев и др., 2004].

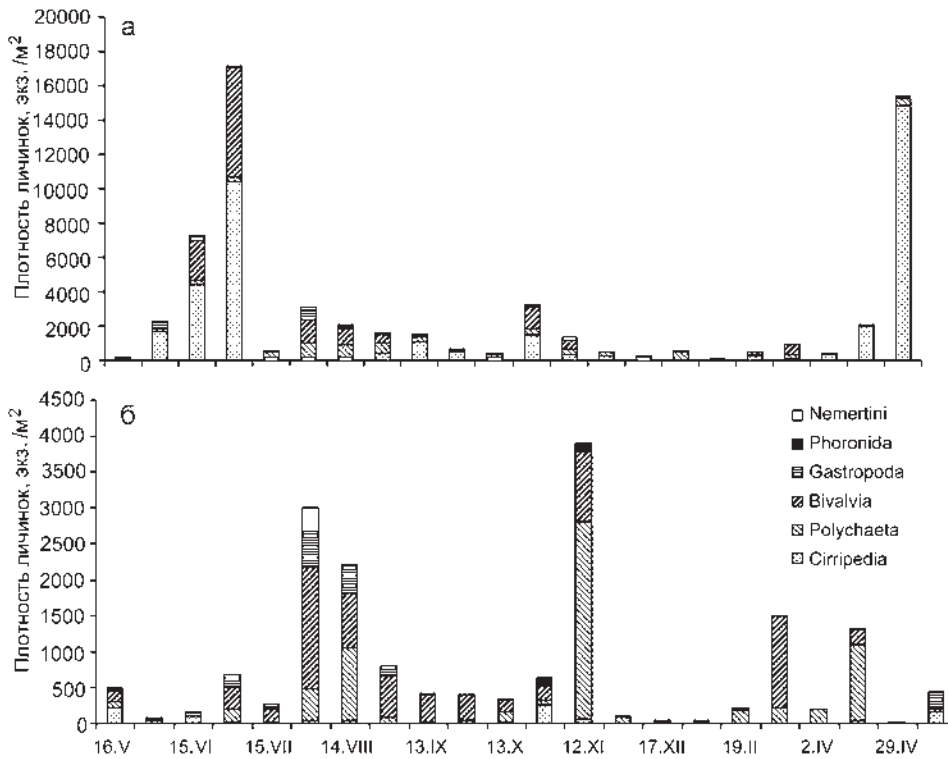


Рис. 3-30. Сезонная динамика пелагических личинок основных таксономических групп в бухтах Сухопутная (а) и Золотой Рог (б)

В обрастании 15-суточных пластин у 44-го причала бух. Золотой Рог встречено на два вида меньше и распределение числа видов по группам также несколько иное. Водоросли не обнаружены, однако отмечен еще один вид усонюгих раков *B. amphitrite*, два вида асцидий, два вида мшанок. В то же время видовое богатство амфипод уменьшено до двух видов.

Имеются принципиальные различия в изменении числа видов на 15-суточных пластинах в двух точках проведения эксперимента. Число видов на пластинах из водозаборного ковша за время эксперимента колебалось в небольшом диапазоне – от 1 до 6. В первой половине июня на пластинах зарегистрировано сразу 4 вида, в начале июля их число снижается до 2. Во второй половине июля число видов резко возросло, после чего плавно снизилось до конца октября. Диапазон колебания числа видов на 15-суточных пластинах с 44 причала был несколько выше – от 1 до 9. Кривая тренда изменения числа видов в этом случае носила правильную куполообразную форму, близкую к нормальному распределению, при этом максимальное число видов зарегистрировано в первой половине августа.

В ковше ВТЭЦ-2 основу биомассы всех оседающих видов и максимальную плотность поселений (37000 экз./м²) давал *A. improvisus* (рис. 3-31, а, б). Он

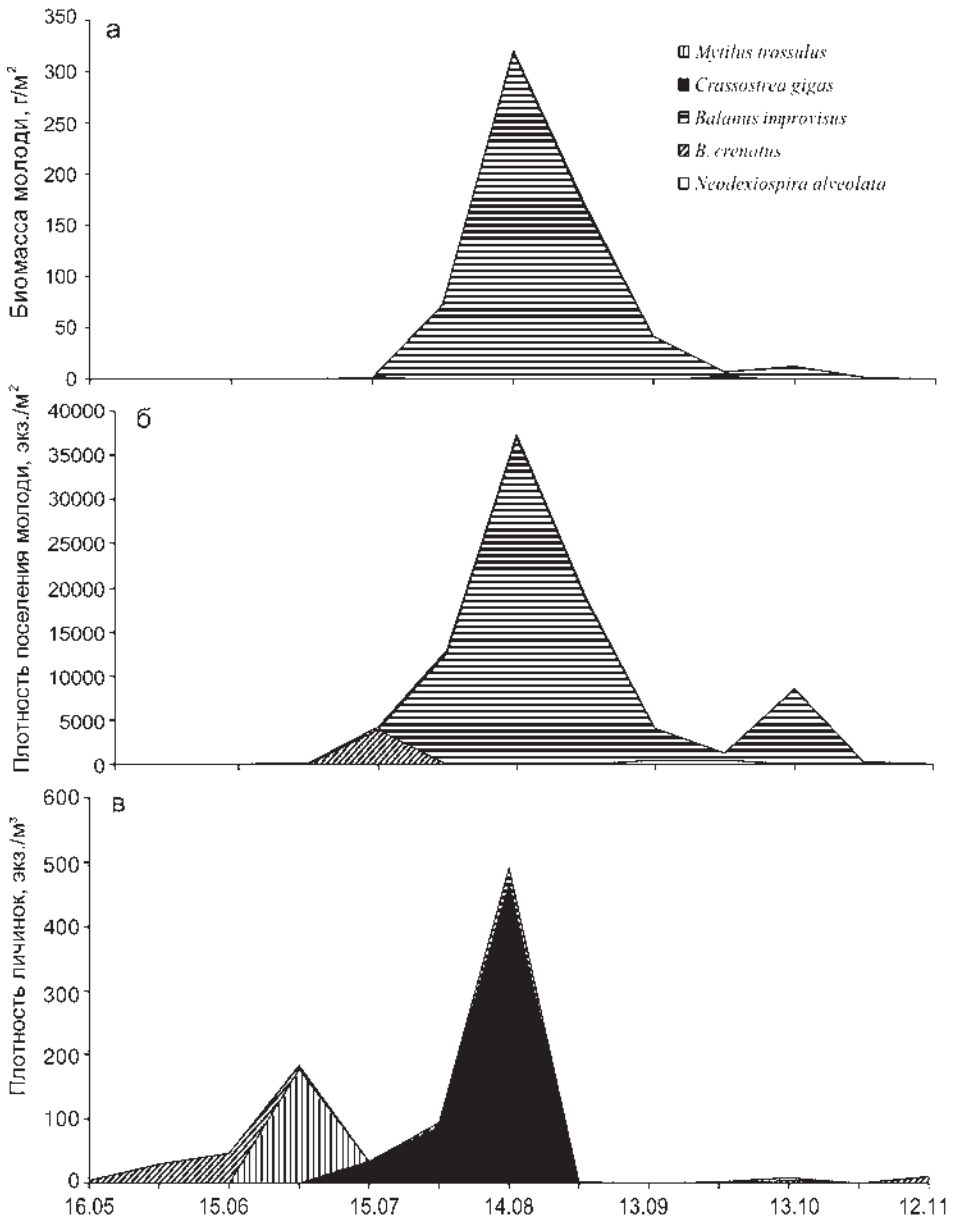


Рис. 3-31. Изменение биомассы (а), плотности поселения молоди (б) на 15-суточных пластинах и плотности личинок фонообразующих видов (в) в ковше ВТЭЦ-2 в 2001 г.

начал оседать в начале августа при биомассе 72 г/м², максимального значения (320 г/м²) этот показатель достиг в середине августа и в дальнейшем снизился. В начале ноября *A. improvisus* на пластинах 15-суточного срока экспозиции не об-

наружен. Биомасса этого вида на два порядка превышала таковую остальных видов. Несмотря на высокую плотность и биомассу молоди *A. improvisus* на пластинах его личинки были зарегистрированы в основном единично с начала августа до середины октября, и только в середине августа их плотность достигала 26 экз./м³.

Обычный в обрастании судов *B. crenatus* оседал в первой половине июля. Этот вид, как правило, в дальнейшем представлял собой субстрат для тихоокеанской мидии *M. trossulus* – основного обрастателя умеренных вод. Личинки *B. crenatus* встречались в планктоне большую часть года единично и лишь в июне 2001 г. их плотность достигала 48 экз./м³. В ковше ВТЭЦ-2 16 октября были обнаружены несколько науплиев *B. amphitrite*, хотя на пластинах оседания этого вида не отмечено.

Молодь *M. trossulus* в очень небольшом количестве (0,1 г/м²) оседала на пластины с 15 июня по 15 августа. Личинки *M. trossulus* в этом районе встречены только 2 июля с плотностью 178 экз./м³. Наряду с этим видом с середины июля до начала августа были отмечены неидентифицированные личинки сем. Mutilidae плотностью 22–178 экз./м³.

Проростки бурых водорослей *Ectocarpus confervoides* обнаружены лишь в первой половине июня, в дальнейшем водоросли на пластинах не найдены. Гидроид *O. longissima* оседал во второй половине июля, три вида многощетинковых червей (*P. limicola*, *Platynereis bicanaliculata* и *N. alveolata*) – с середины июля до конца сентября. Личинки *P. limicola* появились 2 июля, к 15 августа их плотность достигла 176 экз./м³, далее в небольшом количестве (22–24 экз./м³) они присутствовали в течение октября. Нектохеты полихет семейства Nereidae (до 22 экз./м³) встречены с середины июля до середины августа. Личинки *N. alveolata* в планктоне не обнаружены. Многие представители семейства Spirorbidae имеют лецитотрофную личинку, находящуюся очень непродолжительное время в придонных слоях воды [Ржавский, Солохина, 1989]. Развитие *N. alveolata* до стадии сформированной метатрохофоры или нектохеты происходит внутри яичевой оболочки в материнской особи. В планктон выходят нектохеты длиной 220 мкм, которые плавают в непосредственной близости от мест, заселенных взрослыми формами [Свешников, 1967].

Четыре вида разноногих раков (*C. cristibrachium*, *Caprella* sp., *Ishyrocerus* sp. и *J. marmorata*) оседали единично в первой половине лета. Амфиподы имеют прямое развитие, поэтому их личинок в планктоне не наблюдалось. В августе на пластинах в ковше встречено несколько особей молоди гигантской устрицы *C. gigas*. Личинки этого вида обнаружены в планктоне с 16 июля (34 экз./м³) по 15 августа (462 экз./м³).

В июне и в августе в ковше единично оседал брюхоногий моллюск *E. turrita*. Плотность личинок эфемерии варьировала от 22 экз./м³ (15 июня) до 54 экз./м³ (2 августа). В июле в небольшом количестве оседала *L. mandschurica*. Личинки этого вида встречались с 16 мая (44 экз./м³) по 15 июня (22 экз./м³). Во второй половине июля на пластинах встречены отдельные кустики мшанок *B. pacifica*. Личинки мшанок в планктоне не обнаружены.

У 44-го причала в бух. Золотой Рог процесс оседания макрообрастателей на 15-суточные пластины в значительной степени отличался от такового в ковше

ВТЭЦ-2. Количественные показатели фонообразующих видов были вполне сравнимы и исчислялись цифрами одного порядка (рис. 3-32, а, б), однако видовой состав и сроки оседания оказались несколько иными.

Первым оседал *B. crenatus* и давал пик в середине июля (463 г/м², 24000 экз./м²). В начале августа его оседание прекратилось. В исследуемом районе *B. crenatus* был доминирующим видом в планктоне. Личинки его встречались практически весь год с двумя максимумами плотности (в конце весны – в начале лета и, меньший, осенью). В 2001 г. первый максимум (10314 экз./м³) пришелся на начало июля. Единично личинки присутствовали в планктоне в конце августа–в сентябре и в январе–феврале. Со второй половины июля на пластинах его заменил *A. improvisus*, достигнувший максимума в середине августа (370 г/м²,

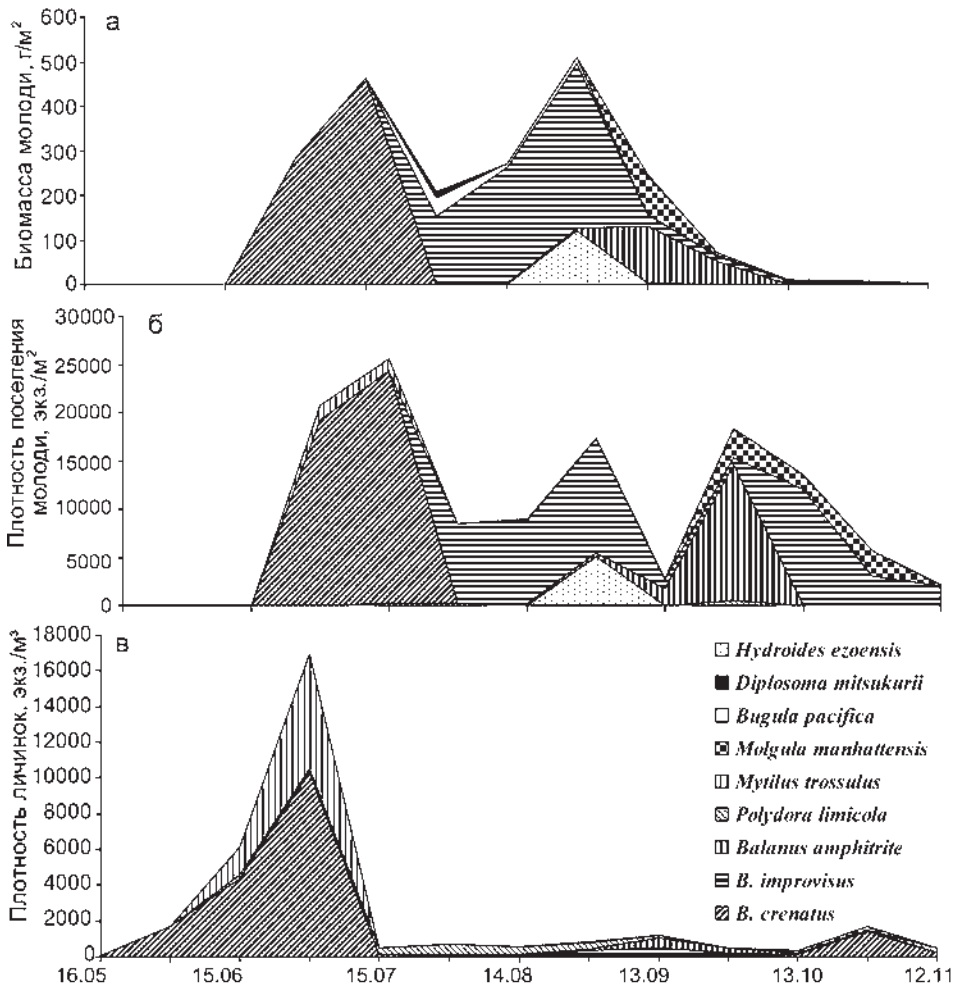


Рис. 3-32. Изменение биомассы (а), плотности поселения молоди (б) на 15-суточных пластинах и плотности личинок фонообразующих видов (в) у 44-го причала в 2001 г.

12000 экз./м²) и продолжавший оседать до начала ноября. В середине октября отмечен новый пик оседания этого вида – до 12000 экз./м². Личинки *B. improvisus* присутствовали в планктоне с начала июля до середины декабря. Максимум плотности (519 экз./м³) наблюдался в середине сентября. В ноябре и декабре личинки встречались единично.

Со второй половины августа до середины сентября оседал тепловодный вид *B. amphitrite*. Личинки *B. amphitrite* были обнаружены в районе 44 причала впервые для зал. Петра Великого. Науплии этого вида появлялись в планктоне единично в первой половине августа. Плотность личинок достигала максимума (561 экз./м³) в середине сентября и затем в течение октября постепенно уменьшалась. В конце октября единично встречались лишь поздние науплиальные стадии и циприсовидные личинки.

M. trossulus оседал с июня по август и при очень низких значениях биомассы в начале июля достигал плотности поселения 1533 экз./м². Личинки мидии были вторыми по численности после *B. crenatus* и были встречены в течение непродолжительного времени – с 15 июня по 16 июля с максимумом плотности (6420 экз./м³) 2 июля. К 16 июля произошел резкий спад их численности до 24 экз./м³.

С июня по октябрь оседал многощетинковый червь *P. limicola*, в начале октября достигавший плотности поселения 500 экз./м². Личинки *P. limicola* наблюдались с 15 июня по 18 сентября, максимальная численность отмечена в августе (до 600 экз./м³), личинки появлялись снова во второй половине октября и присутствовали до конца года с максимумом (264 экз./м³) в середине ноября. В начале августа у 44-го причала был отмечен непродолжительный пик оседания трубчатой полихеты *H. ezoensis*. Личинки этого вида в планктоне не обнаружены. У *H. ezoensis* от вылупления трохофоры до оседания личинок проходит не более 5 суток [Hong, 1980]. Размер нектохет этого вида не превышает 300 мкм [Miura, Kajihara, 1981].

С конца августа и до конца октября на пластинах было зарегистрировано оседание асцидии-вселенца *Molgula manhattensis*. В июле-августе отмечено незначительное оседание колониальной асцидии *Diplosoma mitsukurii*. Личинки асцидий были в планктоне немногочисленны – от 24 (15 августа) до 240 экз./м³ (29 октября) и предположительно принадлежат *M. manhattensis*, поскольку другой вид *D. mitsukurii*, вероятно, имеет короткоживущую личиночную стадию. Время нахождения в планктоне личинок родственного вида – тропической колониальной асцидии *Diplosoma similis* – составляет в среднем 3,84 мин, за это время личинки проплывают всего 2,21 м [Stoner, 1990].

Период оседания мшанки *B. pacifica*, встреченной в небольшом количестве, был растянут с июля по октябрь. Личинки мшанок в планктоне бух. Золотой Рог также не обнаружены. Известно, что личинки родственного вида *B. neritina* большую часть планктонной жизни проводят у дна, ощупывая субстрат, и в отсутствие стимулов для оседания могут плавать не более 2 суток [Keough, 1989].

В наши задачи не входило детальное исследование структуры взаимосвязей организмов обрастания и их личинок в ходе формирования сообщества обрастания пластин. Здесь приводится только матрица коэффициентов корреляции между динамикой личинок и оседанием молоди фонообразующих видов (прил. 2,

табл. 16). В районе водозаборного ковша высокая положительная корреляция характерна лишь для *A. improvisus* ($r=0,88$). Для тихоокеанской мидии и гигантской устрицы эти коэффициенты имели небольшое положительное значение ($r=0,29$ и $0,21$ соответственно), а для *B. crenatus* – отрицательное значение ($r=-0,15$). В районе 44-го причала все коэффициенты корреляции имели положительные значения, причем для четырех фонообразующих видов (*B. crenatus*, *B. amphitrite*, *M. trossulus* и *M. manhattensis*) они оказались довольно высокими ($0,48-0,70$) (прил. 2, табл. 16). Отсутствие явной положительной корреляции в ряде случаев, по-видимому, является следствием того, что в планктонных пробах учитывали личинки как на стадиях, предшествующих оседанию, так и на более ранних стадиях, что могло создавать значительный временной сдвиг (до двух недель) между максимумами личинок и осевшей молодежи. Это также подтверждает различия условий существования и биологических циклов обрастателей в Уссурийском заливе и в бух. Золотой Рог. В отдельных случаях отмечена высокая корреляция между соответствующими показателями для разных видов, что объясняется сходными сроками их размножения и оседания.

3.4. ФОРМИРОВАНИЕ СООБЩЕСТВ МАКРООБРАСТАНИЯ НА ПЛАСТИНАХ С НАРАСТАЮЩИМ СРОКОМ ЭКСПОЗИЦИИ

На пластинах с нарастающим сроком экспозиции в ковше ВТЭЦ-2 зарегистрированы один вид водорослей и 36 видов животных (прил. 2, табл. 16). Распределение видов по группам следующее: многощетинковые черви – 11 видов, брюхоногие моллюски – 4, десятиногие и разноногие раки, двустворчатые моллюски и мшанки – по 3 вида. Остальные группы малочисленны и представлены 1–2 видами. В обрастании пластин аналогичного срока экспозиции с 44-го причала встречено всего 15 видов, при этом многощетинковых червей – 4 вида, усоногих раков – 3, остальные группы представлены лишь одним видом каждая. Таким образом, в бух. Золотой Рог, в которую попадает морская вода после прохождения системы охлаждения станции, отмечено резкое обеднение таксономического состава обрастания.

В сообществах обрастания пластин с нарастающим сроком экспозиции наблюдалась тенденция постоянного роста числа видов, оседающих за 15 суток. На пластинах из ковша ВТЭЦ-2 число видов резко возросло до 16 в первой половине июля, после чего снизилось и колебалось в пределах 10–13 видов. Для пластин с 44-го причала было характерно постепенное увеличение числа видов при максимальном значении (11) в октябре. В обоих случаях не наблюдалось выхода кривых на плато: к ноябрю число видов в обрастании пластин из водозаборного ковша вновь возросло, а на пластинах из бух. Золотой Рог – снизилось.

Наблюдения за сменой сообществ в ходе оседания обрастателей на пластины с нарастающим сроком экспозиции позволяют проследить первичную сукцессию сообществ обрастания. Из 37 видов, оседающих на эти пластины в ковше ВТЭЦ-2, лишь 4 отнесены к фонообразующим. Это два вида баланусов, тихоокеанская мидия и колониальные асцидии (рис. 3-33). В июне на пластинах встречено лишь

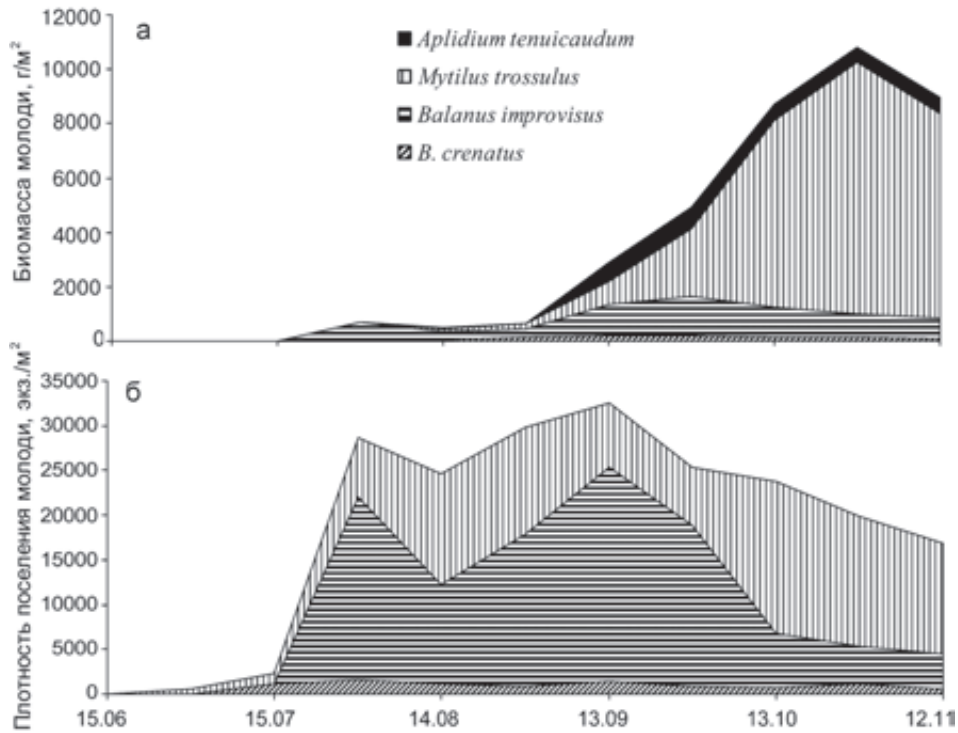


Рис. 3-33. Изменение биомассы (а) и плотности поселения молоди (б) фонообразующих видов на пластинах с нарастающим сроком экспозиции в ковше ВТЭЦ-2 в 2001 г.

несколько только что осевших особей *M. trossulus*. С июля до начала октября обрастание пластин представлено сообществом *A. improvisus*. Далее и до конца эксперимента в обрастании по биомассе доминировала мидия. Если анализировать плотность поселения, то с июля по октябрь отмечено два пика плотности поселения *A. improvisus*, преобладающего по этому показателю. Мидия доминировала в октябре-ноябре. С начала августа до ноября в обрастании пластин постоянно присутствовала колониальная асцидия *Aplidium tenuicaudum*, которая с начала сентября имела стабильную биомассу около 600 г/м². Через 6 мес обрастание пластин нарастающего срока экспозиции было представлено монодоминантным сообществом тихоокеанской мидии. Изменения в составе и количественных характеристиках доминантных и субдоминантных видов макрообрастателей суммированы в прил. 2, табл. 7.

Как и в случае с 15-суточными пластинами, в процессе формирования сообществ обрастания в бух. Золотой Рог имелись принципиальные отличия (рис. 3-34). Однако результатом первичной сукцессии сообществ обрастания, как и в предыдущем случае, оказалось монодоминантное сообщество мидий. В число фонообразующих видов обрастания пластин входили многоресничковые черви *P. limicola*, оседавшие с июня по октябрь. При максимальной биомассе

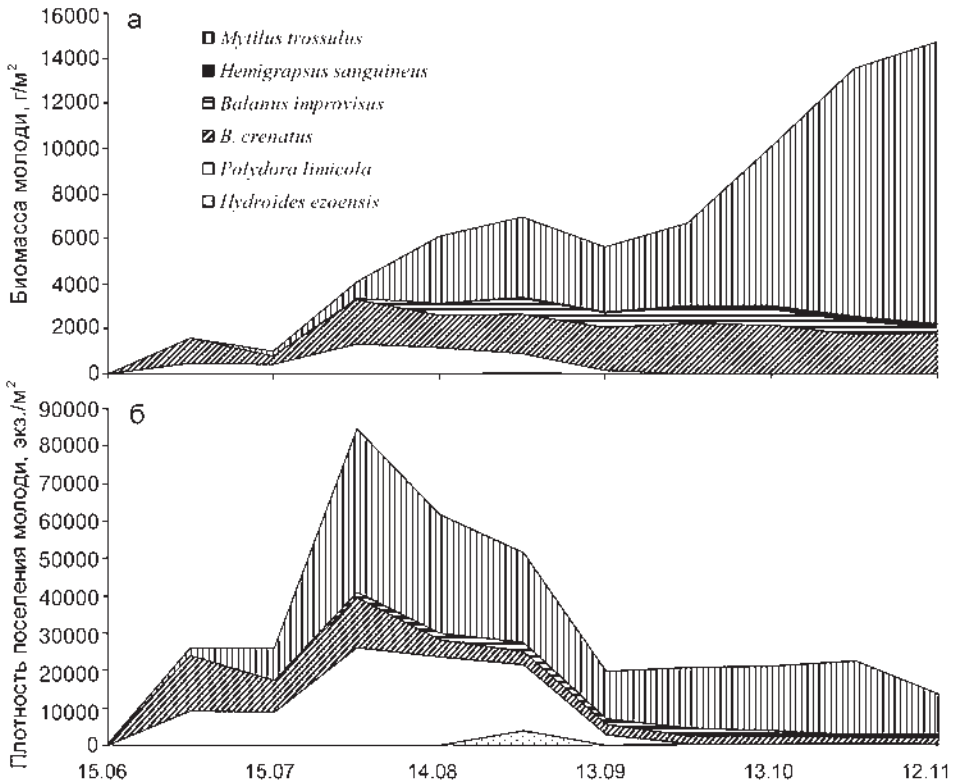


Рис. 3-34. Изменение биомассы (а) и плотности поселения молоди (б) фонообразующих видов на пластинах с нарастающим сроком экспозиции у 44-го причала в 2001 г.

1313 г/м² в начале августа этот вид давал высокую плотность поселения – 26267 экз./м². Трубочатые полихеты *H. ezoensis* оседали во второй половине августа (45 г/м², 4000 экз./м²), после чего в незначительном количестве встречались на пластинах до середины ноября. С августа по ноябрь в сообществе обрастания пластин постоянно обитала молодь прибрежных крабов *H. sanguineus*. Личинки этого вида единично встречались в планктоне в июле и августе. Из усоногих раков стабильно высокую биомассу давал *B. crenatus*, при этом в отличие от ковша ВТЭЦ-2 биомасса второго вида – *A. improvisus* – была здесь весьма незначительна. Оседающий в массе на 15-суточных пластинах тепловодный вид *B. amphitrite* в обстановке формирования сообщества преимущественно бореальных видов, видимо, не находил оптимальных условий для существования и его количественные показатели были невелики.

Таким образом, на экспериментальных пластинах из нейтрального материала, установленных до и после прохождения морской воды по системе охлаждения станции, оседало менее половины от общего количества зарегистрированных видов макрообрастания всей системы охлаждения станции – 49 из 100 видов. Это объясняется рядом причин. Так, наибольшее число видов зарегистрировано

в тоннелях с наиболее благоприятными для обрастателей гидродинамическими условиями. Обрастание в тоннелях существует около 20 лет, и термообработка уничтожала его не полностью. В многолетних сообществах обрастания происходят сложнейшие процессы, которые, к сожалению, проследить невозможно. Часть обрастателей погибала, например *B. rostratus*, но сохранялись их известковые домики, представляющие идеальный субстрат для оседания двустворчатых моллюсков. Некоторые виды, например субтропический *A. improvisus*, оказались устойчивыми к повышению температуры воды и сохранялись живыми.

Сукцессия многолетнего сообщества обрастания наблюдалась нами на решетках грубой очистки системы охлаждения ВТЭЦ-2. На этих решетках четко проиллюстрированы фазы сукцессии сообществ обрастания, структура которых показана на рис. 2–7. Первую бактериально–диатомовую стадию наблюдать мы не имели возможности. Вторую стадию – крупных, быстрорастущих форм представляют два сообщества. Первое из них – сообщество гидроидов *Bougainvillia ramosa*. Общая биомасса 3095 г/м², доля доминирующего вида 79 %. Субдоминанты – мидия Грея *Crenomytilus grayanus*, многощетинковые черви *Hydroides ezoensis* и актинии *Metridium senile*. Второе сообщество – усоногих раков *B. rostratus*, общая биомасса 1080 г/м², доминирующий вид составляет 88 %. Гидроиды *B. ramosa* входят в число характерных видов и появляются двустворчатые моллюски *Arca boucardi*.

По классификации Г.Б. Зевинной [1972], сообщество мидий *M. trossulus* следует считать климаксным сообществом двустворчатых моллюсков. Такое сообщество зарегистрировано на решетке грубой очистки, причем оно оказалось разновозрастным: одного сезона и двух сезонов эксплуатации объекта (5 и 17 мес соответственно). Различались эти сообщества лишь значениями общей биомассы (8186 и 12442 г/м²), доля мидий в них составляла 99 и 96% от общей биомассы. Однако, как оказалось, это сообщество в дальнейшем сменяется различными вариантами многолетнего сообщества двустворчатых моллюсков *C. gigas*, *Modiolus difficilis*, усоногих раков *B. rostratus*, сипункулид *Phascolosoma japonicum* с разным соотношением количественных показателей (см. рис. 2-7). Максимальная общая биомасса такого климаксного сообщества, обычного для бентоса твердых грунтов верхней сублиторали, зарегистрирована в сообществе *B. rostratus* + *C. gigas* (22620 г/м²). Таким образом, даже на таком небольшом объекте, как решетка водозабора, расположенном в небольшом диапазоне глубин 1–4 м, могут одновременно сосуществовать сообщества обрастания, находящиеся на разных стадиях биотической сукцессии. На основании анализа полученных данных следует вывод о том, что сообщество тихоокеанской мидии *M. trossulus* возрастом 1–2 года не является климаксным, как это считалось ранее, при более длительной экспозиции субстрата его заменяет многолетнее сообщество двустворчатых моллюсков и усоногих раков, характерное для естественных твердых субстратов верхней сублиторали.

Если сравнивать видовой состав 15-суточных пластин и пластин с нарастающим сроком экспозиции, то можно отметить принципиальные различия. На пластине нарастающего срока экспозиции из ковша ВТЭЦ-2 зарегистрировано вдвое большее число видов, чем на 15-суточных пластинах. Это объясняется

тем, что для многих макрообрастателей, в частности многощетинковых червей, двусторчатых и брюхоногих моллюсков, необходимым условием для оседания и дальнейшего существования в обрастании является первичный субстрат. Чаще всего это усоногие раки *A. improvisus*, *B. crenatus* и *B. rostratus*. На 15-суточных пластинах такой субстрат отсутствует. На пластинах с 44-го причала зарегистрировано равное число видов (15), оседающих в ходе эксперимента и «оставшихся» на пластинах второго типа, однако видовой состав их несколько отличается. Не все оседающие на 15-суточных пластинах виды остаются до конца эксперимента на пластинах длительного срока экспозиции.

Следовательно, исследование формирования обрастания с использованием экспериментальных пластин дает лишь общее представление об этом процессе во всей системе охлаждения станции, выявляя его основные тенденции. Одной из причин этого, на наш взгляд, может быть проблема «виды–площадь», интенсивно обсуждаемая современными экологами [Кафанов, Жуков, 1993]. Площадь использованных нами экспериментальных пластин исчисляется квадратными дециметрами, в то время как совокупная площадь всей обрастающей поверхности системы охлаждения ВТЭЦ-2 – десятками тысяч квадратных метров. Идеальным вариантом было бы исследование формирования обрастания непосредственно на внутренней поверхности системы охлаждения с момента начала ее функционирования. К сожалению, в данном случае это нереально.

Как уже было отмечено, экологическое состояние бух. Золотой Рог приближается к катастрофическому. В таксономическом составе обрастания из двух сравниваемых районов имеются существенные отличия. Так, на пластинах из Уссурийского залива зарегистрировано примерно вдвое большее число видов, чем в бух. Золотой Рог, что обычно характерно для более чистых вод. Столь значительное увеличение видового богатства обрастания обусловлено преимущественно второстепенными видами: это многощетинковые черви и разноногие раки. В то же время на пластинах с нарастающим сроком экспозиции, выставленных в бух. Золотой Рог, биомасса и плотность поселения молоди фонообразующих видов в несколько раз превышали соответствующие показатели в Уссурийском заливе. Часть видов (*A. improvisus*, *B. crenatus*, *M. trossulus*) встречались в обоих районах, однако в ковше среди баланусов преобладал *A. improvisus*, в то время как у 44-го причала доминировал приуроченный к портовым районам *B. crenatus*. Среди полихет в ковше в небольшом количестве встречалась *N. alveolata*, у 44-го причала этот вид отсутствовал, зато значительно более обильным являлся *H. ezoensis* и чрезвычайно эврибионтный вид *P. limicola*. На пластинах 6-месячной экспозиции из бух. Золотой Рог в число фонообразующих видов входили асцидия *M. manhattensis* и усоногий рак *B. amphitrite*, отсутствовавшие в водозаборном ковше. В то же время в ковше к числу характерных видов относилась асцидия *Aplidium tenuicaudum*, которая не была обнаружена в бух. Золотой Рог.

Интересно, что на пластинах, очищенных в конце июля и оставленных для дальнейшей экспозиции в бух. Золотой Рог, к ноябрю сформировалось монодоминантное сообщество асцидии *M. manhattensis*, а в ковше – такое же сообщество другого вида асцидии – *A. tenuicaudum*. Это можно объяснить окончанием к этому времени массового оседания основного обрастателя – тихоокеанской мидии,

на которой эпибионтные поселения асцидий наблюдаются довольно редко. Таким образом, в бух. Золотой Рог антропогенное загрязнение портовых вод стимулирует развитие специфических сообществ обрастания, характеризующихся высокой биомассой и ограниченным набором эврибионтных видов. Если сравнить полученные нами результаты с данными по макробентосу мягких грунтов в бух. Золотой Рог [Fadeev, Fadeeva, 1999], то оказывается, что и в этом случае формируется совершенно специфическое олигомиктное сообщество с доминированием одного вида полихет *C. capitata*, отсутствующего в бентосе чистых акваторий.

Существенно отличается и меропланктон в двух исследуемых районах: при почти равном числе таксонов плотность личинок в районе 44-го причала более чем в 4 раза превышала таковую в ковше ВТЭЦ. Причем если в ковше доминирующими группами в планктоне являлись полихеты и двустворчатые моллюски, то у 44-го причала преобладали усоногие раки, главным образом *B. crenatus*. Большинство личинок продуцируют, по-видимому, местные формы, обитающие на судах и портовых сооружениях, так как естественные субстраты здесь практически отсутствуют. Маловероятен естественный занос личинок, так как до кутовой части бух. Золотой Рог не доходит ветвь течения, идущая из Уссурийского залива через прол. Босфор Восточный. Часть личинок поставляется в бухту Золотой Рог системой охлаждения ВТЭЦ-2 непосредственно из Уссурийского залива.

3.5. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВ МЕЙОФАУНЫ

3.5.1. Таксономический состав

В составе обрастания экспериментальных пластин исследованных районов зарегистрировано 9 таксономических групп мейофауны. Нематоды были определены до вида, остальные группы – частично до вида либо до более высокой таксономической категории (прил. 2, табл. 17). Далее для удобства все эти категории мы условно называем «видом». В составе обрастания 15–суточных пластин в бух. Золотой Рог за весь период наблюдений зарегистрировано 20 видов мейофауны, в ковше ВТЭЦ-2 – 21 вид. На пластинах нарастающего срока экспозиции наблюдается резкое отличие числа видов: у 44-го причала их отмечено 29, в бух. Сухопутная – 54. Поскольку из всех групп мейофауны до вида идентифицированы только нематоды (исключая ювенильные формы), анализ изменения таксономического состава на пластинах разного срока экспозиции проведен на примере этой группы.

На обеих станциях наблюдается общая тенденция в изменении числа видов и видового разнообразия нематод (рис. 3-35). Однако у 44-го причала на каждой съемке зарегистрировано более 5 видов, в то время как в ковше их число достигает 13. Значительно выше здесь и максимальное значение индекса видового разнообразия. В бух. Золотой Рог наблюдается резкое повышение числа видов нематод уже в августе, после чего наступает относительная стабилизация, в то время как в бухте Сухопутная число видов нематод растет, достигая максимума на 6–месячных пластинах. При этом число видов в пробах и индекс видового разнообразия нематод в ходе формирования сообщества обрастания очень тесно скоррелированы ($r=0,97$ и $0,96$ соответственно у 44-го причала и в ковше).

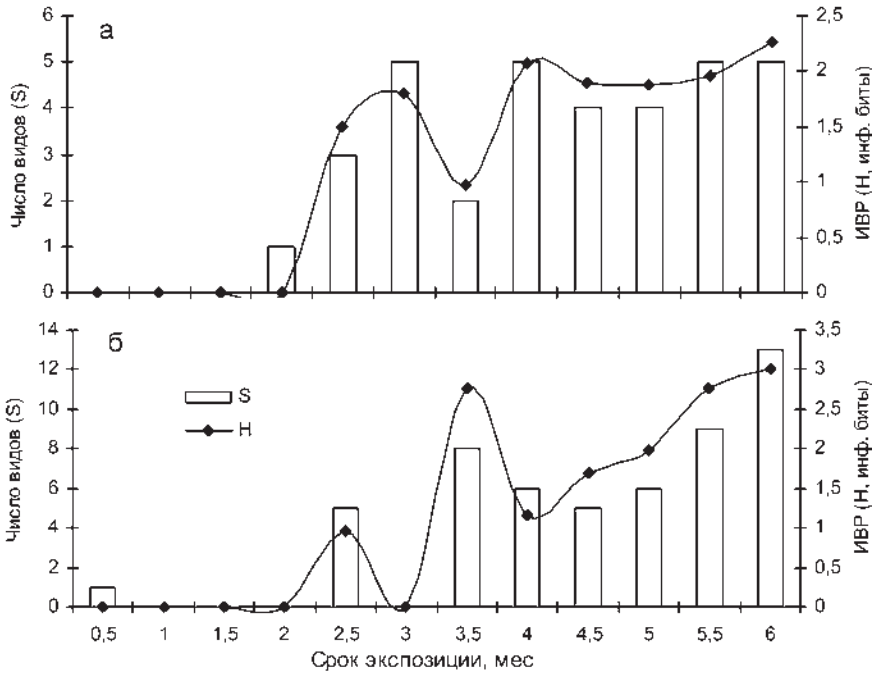


Рис. 3-35. Сезонная динамика пелагических личинок основных таксономических групп в бухтах Золотой Рог (а) и Сухопутная (б)

Для комплексов мейобентоса, сформировавшихся на пластинах, которые экспонировались в бух. Сухопутная, как и для микроводорослей перифитона и эпибиозов, отчетливо проявилась тенденция к увеличению уровня сходства у ассоциаций «соседних» сроков опробования (рис. 3-36). Здесь на уровне около 30 %

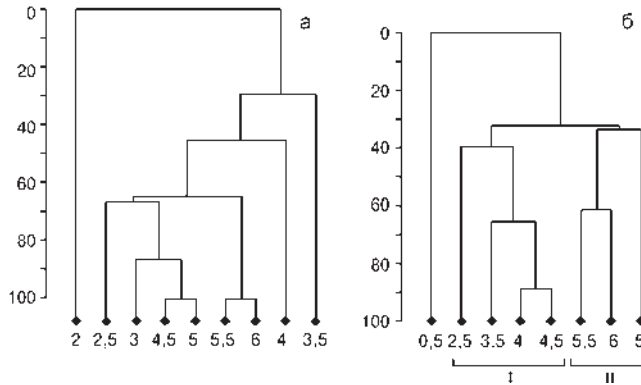


Рис. 3-36. Дендрограмма сходства качественного состава нематод на пластинах разного срока экспозиции в бухтах Золотой Рог (а) и Сухопутная (б)

можно выделить две группы. Первая из них включает летние комплексы, вторая – осенние. В бух. Золотой Рог эта тенденция явно нарушена, и относительно высокое сходство видового состава отмечено у сообществ разной экспозиции. На пластинах малого срока экспозиции нематоды либо отсутствуют, либо представлены 1 видом, что приводит к выделению на дендрограммах отдельных ветвей на нулевом уровне сходства.

3.5.2. Динамика оседания мейофауны на 15–суточные пластины

В обрастании пластин 15–суточной экспозиции в бух. Золотой Рог зарегистрированы преимущественно представители псевдомейофауны. В основном это молодь и личинки на разных стадиях развития усконогих раков, двустворчатых моллюсков, многощетинковых червей, разноногих раков и асцидий. Эвмейофауна представлена преимущественно гарпактицидами. В процессе оседания мейофауны наблюдалось 3 пика – в начале июля, в начале сентября и во второй половине октября (рис. 3-37). Максимальный пик оседания мейофауны отмечен в на-

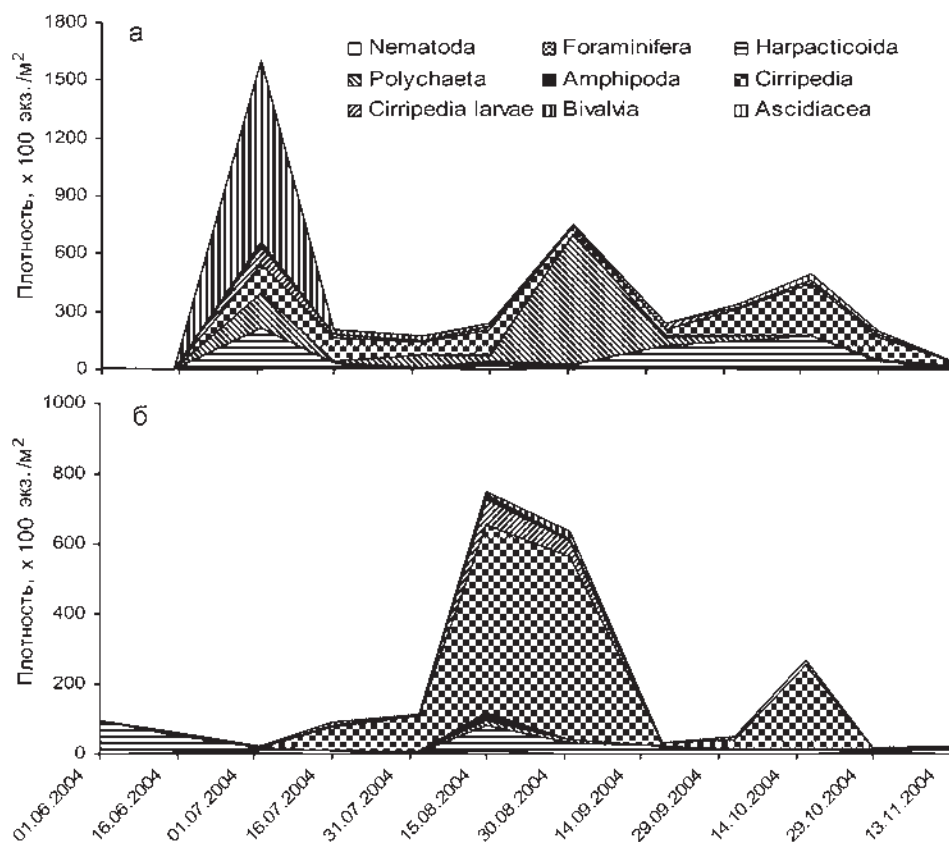


Рис. 3-37. Динамика оседания мейофауны на пластины в бухтах Золотой Рог (а) и Сухопутная (б)

чале срока экспозиции пластин – в первых числах июля, при максимальной плотности 160000 экз./м². Основу общей плотности мейофауны составляла молодь мидий *M. trossulus* (94000 экз./м²), плотность гарпактицид, многощетинковых червей, усоногих раков и их циприсовидных личинок значительно ниже при сравнимых значениях этого показателя. Лишь в этот период на пластинах оседали брюхоногие моллюски при плотности 2300 экз./м². Примерно с середины июля и до конца августа плотность оседающей мейофауны значительно снижается и держится на уровне 20000–25000 экз./м². В этот период основу плотности составляют усоногие раки и многощетинковые черви. Октябрьский пик оседания в основном слагает молодь усоногих раков, появляются зооиды асцидий. Со второй половины сентября и до конца октября вновь возросла плотность гарпактицид, в среднем составляя около 20000 экз./м². Остальные представители эвмейофауны на протяжении всего срока экспозиции 15-суточных пластин встречены в обрастании единично (прил. 2, табл. 17). Последняя съемка 13 ноября показала почти полное прекращение оседания мейофауны, за исключением усоногих раков *A. improvisus* (1800 экз./м²).

Динамика оседания мейофауны на пластины, экспонировавшиеся в водозаборном ковше, кардинально отличается от этого процесса в бух. Золотой Рог. Так, здесь отсутствует июльский пик оседания молодежи мидий, однако гарпактициды начинают оседать раньше, уже в начале июня (рис. 3-37). Первый, он же максимальный пик оседания мейофауны обусловлен преимущественно молодью усоногих раков и их циприсовидными личинками (536 и 75 экз./м² соответственно). Молоди мидий оседает немного, максимальная плотность отмечена в конце августа (2100 экз./м²). В середине августа наблюдался новый пик оседания гарпактицид (7100 экз./м²), в это же время отмечен небольшой всплеск плотности амфипод (рис. 3-37). Второй, менее выраженный пик оседания мейофауны зарегистрирован в середине сентября, общую плотность мейофауны слагает в основном один вид усоногих раков *A. improvisus*. В обрастании пластин последней съемки представители мейофауны отмечены единично.

3.5.3. Формирование сообществ мейофауны на пластинах с нарастающим сроком экспозиции

В формировании сообществ мейофауны на пластинах из бух. Золотой Рог сохраняется принципиальное сходство с динамикой ее оседания, однако имеются и определенные различия. Общая плотность возрастет почти втрое, при этом максимальное ее значение (4600 экз./м²) отмечено в начале июля (рис. 3-38). Более половины общей плотности мейофауны слагают мидии, далее следуют молодь многощетинковых червей, гарпактициды и усоногие раки. К концу июля плотность мидий снижается почти вдвое, в дальнейшем уменьшаясь до минимальных значений. Плотность молодежи полихет держится на стабильном уровне практически до конца экспозиции пластин. В середине сентября вновь возрастет плотность гарпактицид, которая держится примерно на одном уровне до середины ноября. В отличие от 15-суточных пластин с середины сентября возрастет плотность нематод, достигая максимума в начале октября (28000 экз./м²) и несколько уменьшаясь

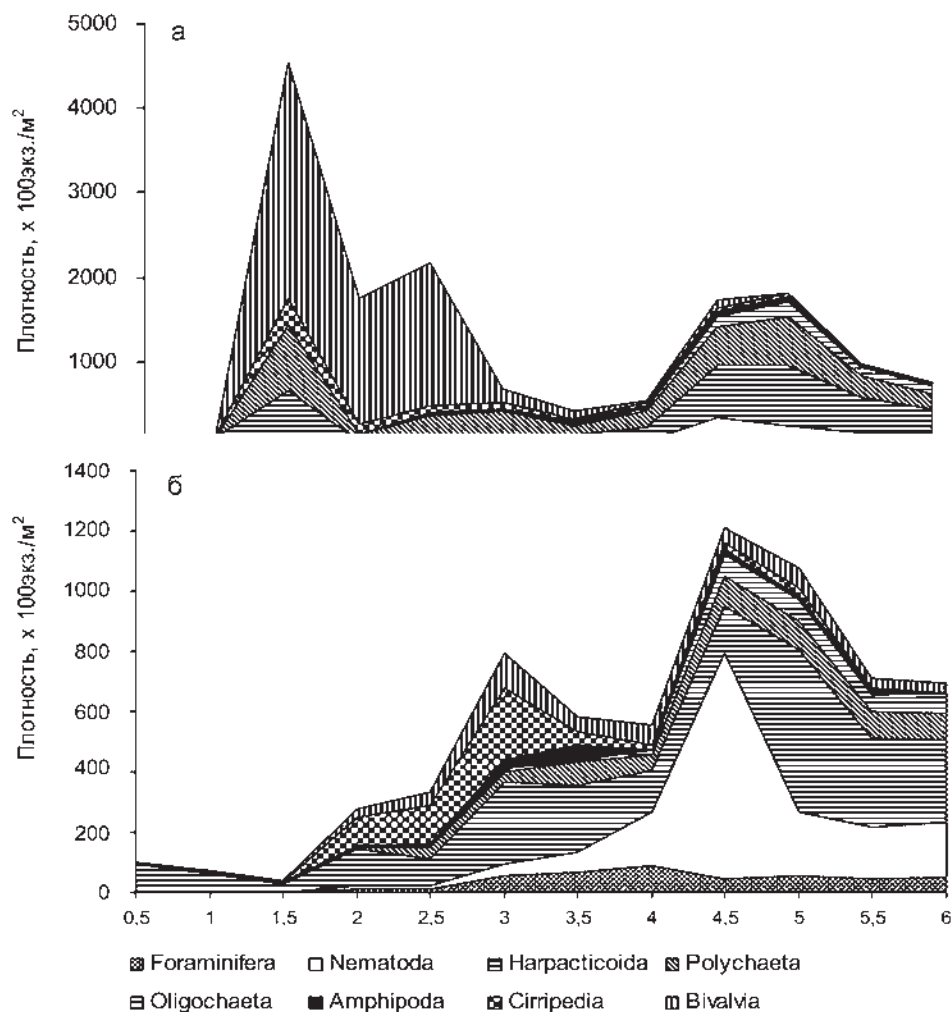


Рис. 3-38. Формирование сообществ мейофауны на пластины в бухтах Золотой Рог (а) и Сухопутная (б)

в ноябре. К числу доминирующих видов и субдоминантов отнесены нематоды *E. alekseevi*, *M. latiannulata*, *O. ramosum* и *P. urbanus marinus* (рис. 3-38). Аналогичный характер носит изменение плотности олигохет при несколько меньших ее значениях (рис. 3-38). Таким образом, в последние 3 месяца экспозиции пластин в процессе формирования сообществ обрастания возрастает роль эвмейофауны.

Как и на 15-суточных пластинах, в Уссурийском заливе в процессе формирования сообществ мейофауны обрастания на пластинах с нарастающим сроком экспозиции имеются принципиальные отличия. Так, в этом случае доминирующая роль на протяжении практически всего срока экспозиции пластин принадлежит эвмейофауне. В то же время общая плотность эвмейофауны на двух станциях

имеет сходные значения и не превышает 100000 экз./м². В начале срока экспозиции пластин в мейофауне доминируют гарпактициды, которые встречаются на протяжении всего срока экспозиции при максимальном значении 54000 экз./м² в середине октября (рис. 3-38). Нематоды также оседают на протяжении всего срока экспозиции, достигая максимума в начале этого месяца. Общая плотность нематод в Уссурийском заливе примерно втрое превышает этот показатель для бух. Золотой Рог. Доминируют те же виды, за исключением *P. urbanus marinus*. Максимального значения общая плотность нематод достигает в середине октября (рис. 3-38). Почти в каждой съемке обнаружены фораминиферы, плотность которых держится на достаточно стабильном уровне до конца срока экспозиции. В октябре–ноябре на пластинах появляются олигохеты со сходными количественными показателями. Общая плотность псевдомейофауны значительно меньше, ее основу составляют молодь мидий, баланусов и полихет. В водозаборном ковше отсутствует резкий пик оседания мидий, эти моллюски отмечены на протяжении всего срока экспозиции и их плотность не превышает 11500 экз./м². Усоногие раки в массе отмечены лишь в первой половине лета. Плотность молоди полихет распределена во времени достаточно равномерно (рис. 3-38).

Существование в экстремальных условиях приводит к полному разрушению природной структуры сообществ бентоса бух. Золотой Рог [Fadeeva et al., 2003]. По данным этих авторов, фауна многоклеточных животных сконцентрирована в верхних сантиметрах грунта и состоит в основном из мелких организмов не более 5 см. Такие сообщества бентоса абсолютно аномальны: в них отсутствуют двустворчатые и брюхоногие моллюски, десятиногие раки, офиуры и многие другие группы, обязательно присутствующие в аналогичных грунтах Амурского залива. Выживают лишь виды, устойчивые к аномально высоким концентрациям токсических соединений – полихеты *C. capitata*, *S. japonica*, нематоды *O. ramosum* и очень немногие другие животные. При этом, однако, такие виды могут достигать массового развития. Что же происходит в этих условиях с населением искусственных субстратов – антропали, которая, как известно, имеет свои отличительные особенности по сравнению с донными субстратами?

В составе сообществ обрастания пластин зарегистрировано достаточно большое число видов либо таксонов более высокой категории – 67. При этом если на пластинах 15-суточной экспозиции число видов у 44-го причала и в ковше примерно равны, то на пластинах из относительно чистого Уссурийского залива зарегистрировано примерно в 1,5 раза больше видов, чем в бух. Золотой Рог. Это хорошо согласуется с мнением В.В. Гальцовой [1991] о том, что видовое богатство мейофауны в условиях антропогенного пресса уменьшается, при этом выживают и достигают массового развития лишь отдельные эврибионтные виды. Следует подчеркнуть, что это те же виды, что часто доминируют в таксоценозах нематод различных ГТС системы охлаждения ВТЭЦ-2.

В одной из наших предыдущих работ [Корякова и др., 2002] в сообществах макрообрастания пластин бух. Золотой Рог по сравнению с открытой акваторией Амурского залива также отмечены практически все основные группы эв- и псевдомейофауны, встречающиеся в сообществах бентоса исследованного района, при этом в открытой акватории отмечено почти вдвое большее количество нематод.

Известно, что нематоды имеют высокую статистически значимую положительную корреляцию между количественным размещением и типом грунта [Гальцова, Павлюк, 1987]. В нашем случае роль грунта выполняют организмы, слагающие сообщество макрообрастания: это усоногие раки, мидии, трубчатые полихеты. В наши задачи не входило детальное изучение структуры взаимосвязей организмов мейофауны и макрообрастания, которое создает субстрат для ее оседания. Безусловно, эта проблема требует специального исследования. Здесь приводится только матрица коэффициентов корреляции между динамикой основных групп эвмейофауны и фонообразующих видов макрообрастания (прил. 2, табл. 18, 19).

В бух. Золотой Рог в ходе биотической сукцессии высокая положительная корреляция с большинством фонообразующих видов макрообрастания характерна лишь для турбеллярий, в то же время для них отмечена отрицательная связь с *H. ezoensis* и *P. limicola* (прил. 2, табл. 18). Фораминиферы предпочитают субстрат из первичного обрастателя *B. crenatus* и слабо коррелируют с другими видами. Нематоды обитают на двух видах баланусов, олигохеты приурочены к *B. crenatus*, *H. sanguineus* и *M. trossulus*. Гарпактициды, как высокоподвижная форма мейофауны, слабо коррелирует со всеми видами макрообрастания. Исключение составляет прибрежный краб *H. sanguineus*, который сам является подвижной формой.

В Уссурийском заливе в районе водозаборного ковша наблюдается несколько иная картина, что в какой-то мере, вероятно, обусловлено некоторыми различиями в составе фонообразующих видов макрообрастания. Так, здесь появляются асцидии *A. tenuicaudum*, для которых характерна достаточно высокая степень связи с турбелляриями и нематодами (прил. 2, табл. 19). Гарпактициды больше приурочены к поселениям тихоокеанской мидии, олигохеты – также к мидиям, *A. improvisus* и *A. tenuicaudum*. И лишь фораминиферы по-прежнему дают высокий коэффициент корреляции с *B. crenatus*. В отдельных случаях отмечена высокая корреляция между соответствующими показателями для разных групп мейофауны, что объясняется сходными сроками их размножения и оседания.

Таким образом, факт предпочтения разными группами мейофауны разных субстратов из макрообрастания подтверждает различия условий существования и биологических циклов гидробионтов в Уссурийском заливе и бух. Золотой Рог.

По мнению некоторых авторов [Fadeeva, Fadeev, 1997], один из видов нематод – *O. ramosum* – является индикатором антропогенного загрязнения. Возможность использования морских свободноживущих нематод неоднократно обсуждалась в литературе [Shaw et al., 1983; Мордухович, 2003; и др.]. Такой возможности способствует высокое видовое богатство этой группы, что делает ее пригодной для статистического анализа. У нематод нет пелагической стадии, и они имеют большее число генераций в течение года, чем макрофауна. Все это служит причиной ускорения реакции нематод на изменение параметров среды.

Как уже отмечалось в разделе 2.3, В.В. Гальцова [1991] пришла к выводу, что изменения плотности поселения нематод и копепод тесно взаимосвязаны и быстро меняются с изменением условий окружающей среды, хотя использование нематодно-копеподного соотношения для характеристики антропогенного загрязнения преждевременно. Нами в двух точках исследованного района вычислено это соотношение в процессе формирования сообществ мейофауны обрастания

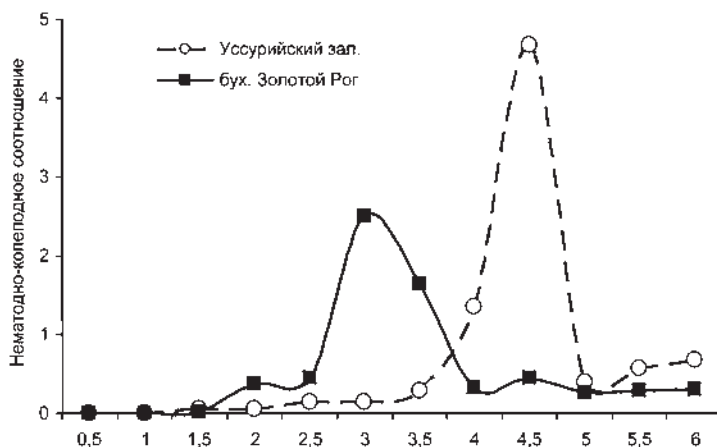


Рис. 3-39. Изменение нематодно-копеподного соотношения за время эксперимента

(рис. 3-39). В относительно чистом Уссурийском заливе пик графика этого показателя приходится на более позднее время и имеет вдвое большее значение, чем в подверженной загрязнению бух. Золотой Рог. Таким образом, антропогенное загрязнение портовых вод стимулирует развитие специфических сообществ обрастания, переориентированных в сторону определенных групп мейо- и макрообрастания.

В работе М.Д. Коряковой с соавторами [2003] в бух. Золотой Рог по сравнению с открытой акваторией Амурского залива исследовано сообщество обрастания матированного стекла на стадиях первичной сукцессии в качестве биомонитора загрязнения портовых вод тяжелыми металлами. Отмечено, что содержание Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni в пробах обрастания увеличивается в целом в следующем порядке: контрольная точка < причал 42 < причал 44, что согласуется с результатами гидрохимических и микробиологических показателей воды этих акваторий. Сделан вывод о возможном использовании пионерного сообщества обрастания матированного стекла для мониторинга загрязнения портовых и открытых морских вод тяжелыми металлами. Поскольку полноправным компонентом такого сообщества является мейофауна, ее с полным основанием можно использовать в качестве биоиндикатора загрязнения воды тяжелыми металлами.

Взадачи настоящего издания не входила разработка методов защиты систем охлаждения от обрастания. В этой главе мы попытаемся дать теоретические понятия биоповреждений, технической и инженерной гидробиологии, охарактеризовать основные биопомехи, вызываемые обрастанием, представить некоторые рекомендации для предотвращения оседания обрастания в системе охлаждения ВТЭЦ-2 и других предприятий, использующих для охлаждения морскую воду зал. Петра Великого.

Эколого-технологическая концепции биоповреждений. Рассматривая природу исключительно как среду обитания «венца ее творения», мы становимся на антропоцентрическую позицию, которую полностью можно отнести к аутоэкологии. В сфере синэкологии мы перемещаемся лишь в том случае, если человек выступает в роли одного из компонентов эколого-технологических систем. В идеале эти подходы должны быть не исключаящими друг друга, но взаимодополняющими. Система «человек–среда» может рассматриваться в синэкологическом плане с соответствующей расстановкой приоритетов. Как правило, имеет место дуалистический подход к природе самого человека и его окружения: жесткое разделение природного и социального, природного и духовного начал [Красилов, 1992]. Даже видные специалисты по изучению обрастания рассматривают его с антропоцентрической позиции, именуя болезнью. Вспомним, что говорил известный специалист по морскому обрастанию А.Д. Бакиокко [Васиоссо, 1984]: «Когда понятны природа и развитие болезни, стоимость и сложность лечения часто сокращаются». Обсуждаемая в данной главе проблема морского обрастания обычно изначально истолковывается исключительно с этой позиции. При этом не учитывается тот факт, что данное явление – полноправный компонент среды обитания человека, а вид, разрушающий среду и подрывающий основы существования последующих поколений, обречен на вымирание. Попытаемся рассмотреть природу морского обрастания в свете эколого-технологической концепции биоповреждений без смещения акцента в сторону технической гидробиологии и разработки защитных мер. Термин «биоповреждения» говорит сам за себя – это разного рода повреждения промышленных материалов и изделий биологическим объектом (см. ниже).

Создаваемые человеком предметы и материалы, вовлекаемые в естественные процессы биосферы и не свойственные окружающей среде, включаются в природные сообщества. Во всех случаях проявления биоповреждений наблюдается взаимодействие двух сторон: организмов и окружающей среды (предметов искусственного происхождения). Изучение этих двух компонентов предусматривает комплексные эколого-технологические подходы, учитывающие взаимодействие живых организмов (биоповреждающих агентов) между собой. В случае морского

обрастания это приобретает особую актуальность, так как слагающие его организмы принадлежат к разным систематическим группам и экологически далеки друг от друга. Большое значение имеют и зонально-географические факторы. Эколого-технологические комплексные подходы к изучению обрастания предусматривают прогнозирование его повреждающего действия в определенных географических регионах [Ильичев и др., 1987].

Как и в любой области науки, при выполнении задач по проблеме биоповреждений требуется конкретизация предмета исследований. История проблемы слишком непродолжительна, кроме того, она включает в себя большое число частных задач, что послужило причиной разночтений в терминологии и основных понятиях. Известно, что в отличие от других экологических группировок гидробионтов, обрастание, или перифитон (как термин, понятие), концептуальные положения с ним связанные, границы применения и границы в прямом биотопическом смысле несравнимо чаще, чем для других группировок обсуждаются, подвергаются ревизиям. Некоторые исследователи даже выделяют перифитологию – раздел гидробиологии, изучающий перифитон как самостоятельную экологическую группировку гидробионтов [Протасов, 2005]. Появление термина «биоповреждения» приурочено к созданию и официальному оформлению Научного совета АН СССР, возглавившего исследовательские работы в этом направлении. Термин соответствовал английскому слову «biodeterioration», используемому для обозначения международных координирующих организаций [«Biodeterioration Society»], в названиях тематических монографий [«Marine biodeterioration»] и т. д. Первоначально он использовался для обозначения отрицательного влияния организмов на изделия либо техническое сырье, впоследствии стали учитывать и полезную деятельность организмов при утилизации использованных материалов. Морское обрастание представляет собой одно из наиболее серьезных проявлений биоповреждений, оно возникает в водной среде и тесно связано с ее особенностями. При этом непременно происходят специфические контакты между объектом (например, поверхностью корпуса судна), сообществом организмов-образователей и водной средой. Такие контакты могут усилить, ослабить и даже полностью блокировать действие организма на объект, что следует учитывать при разработке методов защиты от обрастания. На основании этого следует, что биоповреждения – это биоценотическое, зонально-географическое и в широком смысле биосферное явление, основанное на взаимодействии экологических и антропогенно-технологических факторов. Результатом биоповреждений являются изменения (нарушения) структурных и функциональных характеристик антропогенного происхождения. Биоповреждающие воздействия развиваются во времени и пространстве в виде сложного процесса, включающего в себя различные этапы (стадии сукцессии), периоды замедления и ускорения и даже обратные процессы, проявляющиеся во влиянии объекта на организм. Таким образом, биоповреждающий процесс двусторонне направлен и характеризуется активным взаимодействием организма и объекта.

Биоповреждающая ситуация – одно из наиболее важных понятий проблемы биоповреждений. Она возникает вследствие одновременного присутствия всех необходимых компонентов и факторов среды. Источником (агентом) биоповреж-

дений называется организм, оседающий на изделие (сырье) и вызывающий нежелательные изменения его свойств. Объектами биоповреждений называются соответственно сооружения, изделия, материалы, сырье, повреждаемые организмами и теряющие полностью или частично полезные свойства. В понятие объектов биоповреждений входят средства защиты, также подвергаемые воздействию агентов биоповреждений.

Таким образом, морское обрастание представляет собой одновременно и экологическое, и антропогенно-технологическое явление. Это определение составляет основу эколого-технологической концепции биоповреждений [Ильичев и др., 1987]. Главные положения концепции относительно морского обрастания сводятся к следующему. Обрастание в качестве частного случая биоповреждения возникает как следствие конфликта человека с биосферой, в результате чего имеет место экологическое нарушение – отклонение от обычного состояния (нормы) экосистемы. Любое воздействие на природную среду вызывает ответную реакцию, которая в большинстве случаев оказывается неблагоприятной для человека. Причиной биоповреждающей ситуации при этом служит заполнение галосферы колоссальным количеством не свойственных ей объектов антропогенного происхождения (идет преобразование части биосферы в техносферу), и как следствие возникает ответ в виде «самоочищения». При этом экологический и антропогенно-технологический компоненты тесно взаимодействуют друг с другом, составляя, по сути, единое целое и создавая причину возникновения биоповреждений. Биоповреждение как явление характеризуется сложным взаимодействием этих компонентов в динамике, ход и направление которой определяются их взаимодействием.

Техногенное развитие биосферы в результате трудовой деятельности людей обусловило неупорядоченность естественно протекающих процессов во всех составляющих биосферы. Такие процессы изучает инженерная, или прикладная экология. Техническая гидробиология является одним из разделов прикладной гидробиологии. Последняя, наряду с общей, частной и сравнительной, составляет основу структуры гидробиологии как самостоятельной науки. Ключевые задачи прикладной гидробиологии определяются разнообразными проблемами человеческого общества при его взаимосвязях с биологическими процессами в гидросфере. Наряду с санитарной, промысловой, гидробиологией аквакультуры и другими важным место занимает техническая гидробиология [Протасов, 2009].

Глобальный техногенез с его дестабилизирующими факторами дал основание для введения понятия техносферы как некоей интегральной совокупности определяющих воздействий (актов трудовой деятельности человека), в рамках которых происходит развитие всех реальных процессов в биосфере [Мазур, Молдаванов, 1989]. В ходе технической эволюции возобладала тенденция к преобразованию природной среды, ее приспособлению к потребностям общества. Однако человек как один из множества биологических видов может сохраниться лишь в системе биосферы, тогда как техносфера предназначена для роботов. Решение любого типа социального механизма, ответственного за изменение и охрану окружающей среды, должно базироваться на объективных оценках последствий экономического роста, в т. ч. – увеличения числа искусственных субстратов в галосфере. Очень часто эти оценки должны получаться в реальном масштабе времени, т.е. в темпе

формирования экономического решения. В результате экологическая экспертиза того или иного проекта, как правило, находится в условиях дефицита времени.

Основным положением технической гидробиологии является концепция техноэкологической системы, под которой мы понимаем совокупность биотопов природного и техноантропогенного характера, их живого населения, объединенных системой прямых и обратных связей, изменяющихся в пространстве и во времени (в основном за счет техногенных факторов). Таким образом, абиотическая природная составляющая экосистем дополняется антропогенной, точнее – техногенной. Важными объектами технической гидробиологии являются процессы воздействия технических факторов на гидроэкосистемы, биологические помехи в водопользовании, эксплуатации гидросооружений, плавсредств, повреждения, вызываемые гидробионтами, проблемы, связанные с формированием необходимого качества воды. Структура технической гидробиологии должна отвечать разнообразию техноэкосистем [Протасов, 2009].

По мнению А.А. Протасова, концепция техноэкологической системы требует всестороннего подхода к сложной сети взаимосвязей между технической и биологической подсистемами. Многочисленные и разнообразные воздействия технических объектов на окружающую среду, в частности на гидроэкосистемы, достаточно хорошо известны. Это химическое, тепловое и другие виды загрязнения, различные нарушения среды обитания гидробионтов. Экосистема водоема-охладителя не может рассматриваться в отрыве от сугубо технических биотопов, таких как тракты водоснабжения с их населением, это единая система со своими особенностями взаимосвязей.

А.А. Протасовым с соавторами [2008] показано, что технические объекты, в частности их системы водоснабжения, не изолированы от воздействия жизнедеятельности гидробионтов, которые могут оказывать существенное влияние на их работу. Так, сообщества гидробионтов водоемов-охладителей энергетических станций оказывают значительное влияние на процессы формирования качества воды, а также выступают агентом разнообразных биологических помех в работе оборудования. Исследование как прямого влияния технических объектов, в частности энергетических станций (ТЭС, АЭС) на гидроэкосистемы, так и обратного воздействия на работу технических систем позволило сформулировать концепцию техноэкологической системы, согласно которой экологические и инженерно-технические элементы рассматриваются в единстве взаимосвязей. Техноэкологическая система представляет собой совокупность биотопов природного и антропогенного характера, их населения, объединенных системой прямых и обратных связей, изменяющихся в пространстве и во времени.

Таким образом, инженерная, или прикладная, экология – наука, определяющая меру разумности трудовой деятельности человека. Это один из необходимых элементов в закономерном диалектическом переходе биосферы в ноосферу, которую В.И. Вернадский [1988] рассматривал как качественно новый феномен, объединяющий природу и общечеловеческую культуру и разум. Выживание человечества обеспечивается разумным управлением глобальным техногенезом в жестко регламентируемых доверительных границах. Концептуальный аспект инженерной экологии связан с необходимостью формирования научно-методического базиса,

отвечающего интегральным критериям экологической безопасности в региональном, континентальном и планетарном смысле. В настоящее время рассматривается энвайронменталистский аспект экологической проблемы, обусловленный закономерным техногенным воздействием на окружающую среду. В рамках обоих основополагающих аспектов проблемы формируются методологические принципы инженерной экологии как самостоятельной научно-технической дисциплины.

По времени создания и функционирования антропогенного субстрата следует выделить в самостоятельные группы факторы, сопровождающие собственно процесс сооружения, и таковые экологического воздействия в процессе эксплуатации объекта. Значительные количественные диспропорции, вносимые первой группой факторов, приводят к закономерному качественному изменению окружающей среды, причем это изменение будет тем существеннее, чем длительнее воздействие второй группы. Поэтому регламентация антропогенных факторов окружающей среды при сооружении промышленных объектов, в т. ч. всех видов морских антропогенных субстратов, – необходимое условие обеспечения и сохранности экологического равновесия в регионе. Человек в результате заполнения водной среды изделиями своих рук независимо от своей воли провоцирует биоповреждения этих предметов морским обрастанием. В одних случаях он допускает стихийное протекание этого процесса, в других – оказывает на него более или менее эффективное воздействие с целью сократить экономические потери.

Эколого-географические факторы могут препятствовать началу биоповреждающего процесса морского обрастания. Так, для контакта обрастателя с объектом необходимы достаточное количество и равномерность распределения готовых к оседанию личинок; организм должен принадлежать к биоповреждающей популяции, способной иметь контакт с данным объектом; время осуществления контакта должно соответствовать периоду размножения организма обрастания. Например, в зал. Петра Великого безопасным периодом для заходящих туда судов являются зимние месяцы с отрицательной температурой воды, когда оседание макрообрастания отсутствует.

Минимальной единицей биоповреждающего воздействия принято считать популяцию [Ильичев и др., 1987]. Обрастание крайне редко представлено одним видом, обычно это моно-, реже би- и полидоминантное сообщество из нескольких десятков видов. Популяция вида-первопоселенца в ходе смены сукцессионных стадий «приобщает» следующие по сроку оседания виды к сообществу.

Биологические помехи (БП) – это явление взаимодействия между техническими и биологическими элементами техноэкосистемы, в результате которого присутствие организмов, продуктов их жизнедеятельности, или их остатков оказывает негативное влияние на нормальную эксплуатацию технических систем. БП следует отличать от биологических повреждений. Различные устройства и системы водоснабжения сконструированы, как правило, без учета возможности возникновения БП, если последние и предполагаются, то в основном как внешний механический фактор. Исследования техноэкосистем охлаждающих водоемов тепловых и атомных электростанций, систем водоснабжения показали, что многие технические параметры сооружений и устройств не только не учитывают гидробиологического фактора в эксплуатации, но и способствуют созданию био-

логических помех. Одной из задач технической гидробиологии является, помимо разработки мер по устранению БП, обоснование принципов и методик их контроля и предупреждения [Протасов, 2009]. Этим известным специалистом мирового уровня по перифитону (обрастанию) из Киевского института гидробиологии проделана большая работа по изучению БП в эксплуатации энергетических станций и разработаны основные принципы их ограничения. Им опубликована серия работ по этой теме, и мы неоднократно обращались к этим работам при написании данной главы.

В работе систем водоснабжения БП возникают в результате жизнедеятельности различных организмов, в первую очередь гидробионтов, обитающих в водоисточнике или системах водоснабжения. Бактерии, водоросли, протисты, беспозвоночные и позвоночные животные, высшие растения могут вызывать БП. Особенно остро проблема биологических помех проявляется при массовом развитии двустворчатых моллюсков, для морских вод это чаще всего мидии рода *Mytilus*, поселения которых, как правило, отличаются высокой биомассой и плотностью поселения. БП, вызываемые поселениями этих моллюсков, связаны с их массовым развитием и имеют два аспекта.

Первый связан с развитием поселений вблизи водозаборных устройств и заносом створок моллюсков после их элиминации в системы. Такими же «резервуарами» биологического, перемещаемого потоком воды материала могут быть и отдельные участки систем водоснабжения. Второй аспект связан с собственно обрастанием различных поверхностей, увеличением гидравлической шероховатости, закупоркой трубопроводов, фильтров и т.п.

Предпосылки к возникновению БП в водоснабжении могут быть разделены на природные и антропогенные [Протасов и др., 2008]. К первым необходимо отнести: естественные процессы расселения организмов в водоемах, процессы, связанные с размножением, активный и пассивный выбор организмами наиболее благоприятных местообитаний, концентрацию организмов в одновидовых поселениях, активизацию биологических процессов на разделах фаз. К антропогенным (техническим) предпосылкам следует отнести конструкцию водоема-охладителя, систем водозаборных устройств, подводящего канала, при проектировании которых обычно не учитываются возможные биологические помехи. В некоторых случаях конструкция гидросооружений даже благоприятствует развитию организмов. Работа насосных станций создает медленную, но постоянную циркуляцию воды, что способствует распространению организмов по водоему, а также попаданию их в системы водоснабжения. Наличие гидросооружений, разнообразных облицовок определяет наличие множества благоприятных твердых субстратов для поселения организмов обрастания.

Типизация биологических помех была разработана А.А. Протасовым с соавторами [2008]. Ниже нами приведена типизация БП на основе этой классификации с некоторыми изменениями и адаптированная под морские экосистемы. БП могут быть типизированы не только по их характеру и локализации, но и по происхождению, долговременности, периодичности и т.д. Типизация БП необходима, поскольку каждый из вариантов требует своего подхода к мониторингу биологических явлений, выбору методов предупреждения и устранения. Можно выделить 6 типов БП по их локализации в техноэкосистеме, включающей АЭС или ТЭС.

I. БП, возникающие при эксплуатации собственно водоема-охладителя, которые выражаются в отклонениях от его проектных характеристик. Такие БП могут быть связаны со следующими процессами:

– зарастание водоема-охладителя водной растительностью, что приводит к уменьшению активной поверхности теплообмена и изменениям в гидродинамическом режиме;

– скопление на поверхности воды планктонных водорослей при «цветении» воды, всплывающих нитчатых водорослей, скопление растений с плавающими листьями, что приводит к снижению теплоотдачи в атмосферу;

– скопление на дне водоема биогенных отложений в виде раковин моллюсков, остатков высших водных растений, что приводит к уменьшению глубины водоема, созданию предпосылок массового поступления в системы водоснабжения влекомых биогенных наносов;

– массовое развитие организмов зоо- и меропланктона, что приводит к его заносу в системы водоснабжения и ухудшению фильтрующей способности вращающихся сеток блочных насосных станций;

– массовая гибель гидробионтов при значительном повышении температуры, ухудшении кислородного режима и т.п., что приводит к увеличению концентрации органического вещества в воде, усиленному образованию биопленок на теплообменных поверхностях.

II. БП, возникающие в системах подведения и отведения циркуляционной охлаждающей воды ТЭС или АЭС, устройствах дополнительного охлаждения (подводящий, отводящий каналы, брызгальные бассейны, градирни). Особенно опасны БП, возникающие в подводящих каналах, поскольку они сказываются непосредственно на работе всей системы охлаждения. Следует учитывать, что в подводящем канале складываются благоприятные условия для развития многих гидробионтов, в частности мидий, в связи с постоянным течением, оптимальным кислородным режимом, приносом из водоема необходимой пищи. Биологические помехи здесь связаны с несколькими факторами, которые можно типизировать следующим образом:

– накопление и снос биогенного материала, в первую очередь раковин мидий, а также водных растений;

– увеличение гидравлической шероховатости откосов канала;

– концентрация личинок гидробионтов, которые с током воды могут распространяться по техническим водоводам и формировать обрастание;

– поселение в канале одних организмов, вызывающих БП, может создавать условия для поселения других, например, скопление усонюгих раков на твердом бетонном субстрате создает условия для оседающих позже мидий.

Биологические процессы, происходящие в отводящих каналах, могут иметь отношение к формированию помех в следующих аспектах:

– в период высоких температур воды в каналах – массовое развитие, последующий вынос в водоем и возможное попадание в подводящий канал термофильных нитчатых водорослей;

– массовая гибель гидробионтов в отводящем канале при значительном повышении температуры, которое приводит к увеличению концентрации органиче-

ского вещества в воде водоема-охладителя, что увеличивает опасность образования биопленок на теплообменных поверхностях.

III. БП, возникающие в системах циркуляционного водоснабжения и теплообменниках. БП в водоводах циркуляционного водоснабжения могут быть как следствием попадания биогенного материала (бактерии, раковины моллюсков, нитчатые водоросли, водоросли, рыбы) в системы водоснабжения, так и развития обрастания в самой системе. В последнем случае наибольшую опасность представляют поселения усоногих раков, мидий, гидроидов, асцидий, мшанок. Они могут образовывать значительное обрастание, до нескольких десятков килограммов на квадратный метр, на стенках камер циркуляционных насосов. На тепловых и атомных станциях фиксировали незначительные обрастания на трубных досках в холодных камерах конденсаторов. На внутренних поверхностях трубок конденсаторов в связи с высокими скоростями воды и высокой температурой макрообрастание не образуется. БП здесь могут вызывать бактериальные пленки на теплообменных поверхностях.

IV. БП, возникающие в системе водоводов технического водоснабжения, могут определяться поступлением живых организмов и биогенного материала извне или с других участков систем и развитием организмов в системах водоснабжения.

V. БП, возникающие в системах водоснабжения из внешних по отношению к водоему-охладителю источников.

VI. БП, возникающие в системе химической очистки воды.

Гидрологические помехи могут возникать из-за жизнедеятельности различных организмов. Могут быть выделены БП по их происхождению и генезису: А – БП, вызываемые бактериями; В – БП, вызываемые организмами растительного происхождения (микроводоросли планктона, нитчатые водоросли, высшие водные растения и др.); С – БП, вызываемые животными (прикрепленные и подвижные животные); D – БП смешанного характера.

Необходимо также различать БП, вызываемые непосредственным присутствием тех или иных организмов в том или ином участке системы и БП, вызываемые приносом организмов или их остатков из других участков системы:

а) БП, вызываемые присутствием и жизнедеятельностью гидробионтов в системах водоснабжения (обрастание, зарастание высшими водными растениями);

б) БП, происходящие в результате дрейфа и накопления влекомых наносов.

В некоторых случаях может оказаться важным, являются ли БП следствием жизнедеятельности организмов аборигенной фауны и флоры либо занесенных извне, инвазийных (подробнее см. главу 5). Поэтому следует различать БП:

1) вызываемые аборигенными видами организмов;

2) вызываемые инвазийными видами (видами-вселенцами).

Все живые организмы в той или иной степени в своей жизнедеятельности связаны с периодическими, сезонными природными явлениями. Поэтому по характеру периодичности их развития можно выделить БП:

К – круглогодичного характера;

П – периодически возникающие, сезонные;

Э – связанные с экстремальными явлениями (жаркая погода, сильный шторм).

Таким образом, в каждом конкретном случае может быть составлена формула БП, что может быть важно, в частности, при мониторинге. Например, формула

(I-B-a-1-II) говорит о том, что в данном случае наблюдаются периодические БП, которые локализованы в водоеме-охладителе, вызываются аборигенными растениями, непосредственно обитающими в водоеме.

Принципы организации мониторинга БП и процессов, их вызывающих.

Целью гидробиологического мониторинга является предупреждение БП и контроль эффективности мер их ограничения. Задачи его могут быть сформулированы в четырех направлениях:

- контроль в системах водоснабжения развития организмов, вызывающих БП, для своевременного начала мероприятий по их устранению;
- контроль биологических факторов (хищники, паразиты), регуляция численности нежелательных видов;
- контроль во всей техноэкологической системе появления новых агентов БП и развития организмов, которые способны непосредственно или опосредовано влиять на появление БП;
- контроль экологического состояния водоисточника, в первую очередь процесса, обуславливающего БП.

Таким образом, проблема БП в работе различных технических систем, связанных с водными объектами, является одной из наиболее важных для технической гидробиологии. При этом ее нецелесообразно сводить лишь к разработке методов устранения различных их типов, например обрастания; в круг интересов технической гидробиологии должна входить целостная техноэкологическая система. В этой системе технические и биотические составляющие тесно взаимосвязаны прямыми и обратными связями, поэтому снижение биологических помех в водоснабжении является фактором повышения надежности работы технических систем и снижения их негативного влияния на окружающую среду.

Прикладные экологические исследования ставят своей целью с наибольшей определенностью оценить не только влияние БП на нормальную работу систем охлаждения станций, но также выявить, насколько то или иное явление положительно или отрицательно для экосистемы. Одной из основных задач оценки воздействия гидротехнического строительства на окружающую среду (ОВОС), в частности на водные экосистемы, является определение его характеристик и уровня. Для этого используются различные методы, среди которых одним из важных является метод экспертных оценок [Протасов, Здановски, 2002]. Не умаляя значения других методов и подходов, отметим определенную приоритетность таких оценок потому, что окончательные решения на разных уровнях о создании и реконструкции технических объектов принимаются именно на их основе. А.А. Протасовым совместно с польским коллегой предлагается схема экспертных оценок воздействия работы тепловых и атомных станций на гидроэкосистемы.

Гидроэкологическая оценка воздействия техногенных факторов учитывает такие важные характеристики, как эколого-санитарные показатели качества воды, биопродуктивность, состояние популяций редких и охраняемых видов растений и животных, вероятность БП в водопользовании, гидропаразитологическая, токсикологическая и радиоэкологическая ситуации. Воздействие гидротехнического строительства на водные экосистемы можно сгруппировать в четыре блока:

- 1) воздействия, связанные с изменениями гидрохимических характеристик;
- 2) воздействия, связанные с изменениями гидродинамических характеристик;
- 3) воздействия, связанные с повышением температуры воды;
- 4) воздействия общего инженерного характера.

Балльная оценка предполагает учет вероятности проявления, значимости и силы того или иного фактора в данных условиях.

Исходя из концепции техноэкосистемы популяции организмов могут быть совершенно нейтральными и, обитая в водоеме, становиться причиной БП, поселяясь в системах водообеспечения и водоснабжения. Следовательно, необходим выбор места проведения мониторинговых мероприятий. В самом общем случае минимумом таких точек мониторинга может быть три: водоем-охладитель, подводящий канал и один из ответственных участков систем водоснабжения. Один из важных методических вопросов, в первую очередь для контроля оседания и развития личинок мидии, – разработка и создание стендов для экспонирования субстратов и отбора проб.

4.1. ОБОСНОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ОБРАСТАНИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ВТЭЦ-2

Скорость воды в водоводах ВТЭЦ-2 в зависимости от изменения мощности насосов в среднем составляет 2 м/с. Максимальный ущерб при эксплуатации системы охлаждения наносится тихоокеанской мидией *M. trossulus*. При этом биоповреждения, связанные с закупоркой водоводов малого диаметра, наносят мидии с длиной раковины более 24 мм. По нашим данным, таких размеров мидии на пластинах в водозаборном ковше ВТЭЦ-2 достигают через 6 месяцев после оседания личинок на субстрат. В начале эксплуатации водоводов ВТЭЦ-2 по всей длине тоннелей было стопроцентное обрастание мидиями. Избавлялись от него исключительно механическим способом, для чего привлекались армейские подразделения. В конце марта 1987 г. была проведена первая термообработка тоннелей горячей водой. Морская вода с температурой 40–45°C подавалась в тоннели в обратном направлении в течение 12 ч. По мнению сотрудников станции, эффект был почти стопроцентный, мидии остались только в трещинах. В трубах диаметром 400 мм толщина многолетнего сообщества мидий составляет 150 мм, т.е. более трети диаметра. Термообработка в этих трубах не осуществляется по техническим причинам и производится только в двух километровых тоннелях диаметром 2 м. С 1987 г. она проводилась трижды в год в летние месяцы. Другие способы защиты от обрастания не применялись. Последний раз термообработка обоих тоннелей была проведена за 8 месяцев перед нашим исследованием – 24 и 25 августа 2000 г.

В районе ВТЭЦ-2, как в водозаборном ковше, так и у 44-го причала пик численности личинок мидии в планктоне приходился на первую половину июля, в августе личинки в планктоне отсутствовали (рис. 4-1). На основании этих данных следовало бы проводить термообработку тоннелей в начале августа, что полностью избавило бы их от мидиевого обрастания.

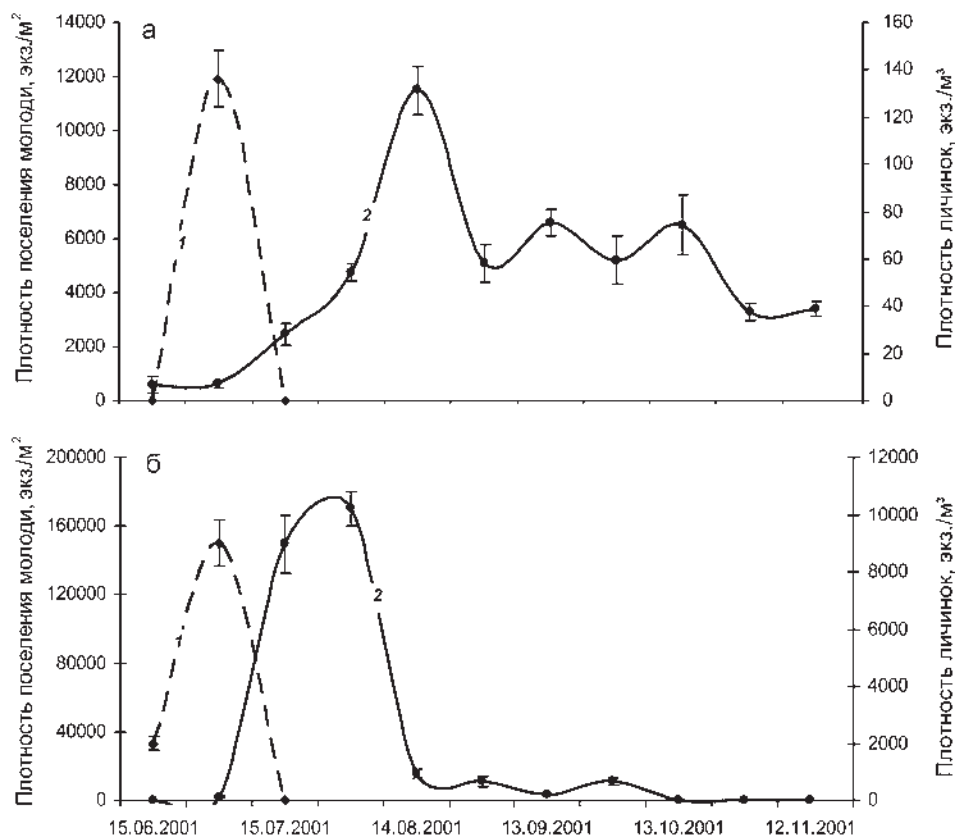


Рис. 4-1. Изменение плотности личинок в планктоне (1) и молуди мидий с размером раковины менее 1 мм (2) в обрастании пластин с нарастающим сроком экспозиции в 2001 г. Вертикальные линии – ошибка средней (а – ковш ВТЭЦ-2, б – 44-й причал)

Была проанализирована динамика оседания молуди мидий на пластины с нарастающим сроком экспозиции с длиной раковины менее 1 мм, т. е. эти мидии отнесены к мейофауне обрастания [Звягинцев, 2005]. Пик оседания в ковше ВТЭЦ-2 пришелся на вторую половину августа (11 500 экз./м²), а у 44-го причала – на первую (рис. 4-1). При этом в бух. Золотой Рог плотность поселения молуди мидий на пластинах на два порядка превышала этот показатель для пластин из водозаборного ковша и достигала 170 300 экз./м². В обоих случаях наблюдалось дальнейшее оседание, причем в ковше ВТЭЦ-2 оно продолжалось до середины ноября, а у 44-го причала – до начала октября. Это могло быть вызвано как вторичным, или послеличиночным, расселением молуди мидий, чему способствует постоянный однонаправленный ток воды, так и оседанием других видов сем. Mytilidae, чья только что осевшая молодежь с трудом поддается видовой идентификации.

Способность осевшей молуди двустворчатых моллюсков семейства Mytilidae открепляться от субстрата и менять первоначальный биотоп за счет дрейфа в во-

дной толще отмечалась неоднократно разными авторами. Так называемое вторичное, или послеличиночное, расселение и оседание свойственно и тихоокеанской мидии *M. trossulus* [Брыков и др., 2000]. Авторами экспериментально доказано, что наблюдавшееся в первой декаде сентября в зал. Восток повторное увеличение плотности осевшей мидии на коллекторах было обусловлено вторичным послеличиночным оседанием моллюсков. Таким образом, термообработка тоннелей, проводимая с 1987 г. в июне, июле и августе, недостаточно эффективна, так как оседание мидий продолжалось и после нее в сентябре–ноябре.

Как уже отмечено, одним из доминирующих видов-обрастателей системы охлаждения ВТЭЦ-2 являлась тихоокеанская мидия *M. trossulus*, поэтому представляло особый интерес исследование особенностей вертикального распределения пелагических личинок этого вида в водозаборном ковше (Уссурийский залив). Оказалось, что личинки в водном столбе были распределены неравномерно. В стадиях, предшествующих оседанию, их максимальная концентрация на станциях, расположенных ближе к берегу, где глубина не превышает 12 м, наблюдалась в верхнем пятиметровом слое и достигала 220 экз./м³. Ниже, в слое 5–15 м, численность личинок резко снижалась до десятков экземпляров в кубическом метре. На станции, расположенной дальше от берега над глубиной 20 м, плотность личинок на глубине 0–15 м была невелика и приблизительно одинакова, а в слое 15–20 м сократилась еще более чем в 2 раза (рис. 4-2).

Таким образом, для предотвращения интенсивного оседания личинок тихоокеанской мидии – основного обрастателя систем охлаждения в зал. Петра Великого – рекомендуется размещать водозаборные трубы системы охлаждения глубже 15 м, поскольку при заборе воды с поверхности даже относительно невысокая плотность личинок обеспечивает значительное оседание.

4.2. ПРОГНОЗ МОРСКОГО ОБРАСТАНИЯ ВОДОЗАБОРА ОКЕАНАРИУМА В РАЙОНЕ ОСТРОВА РУССКИЙ

Морское обрастание изучается Институтом биологии моря ДВО РАН с 1969 года. Кроме изучения систем охлаждения энергетических станций исследовано обрастание судов, гидротехнических сооружений, нефтедобывающих платформ, навигационных буев и в дальневосточных морях и во Вьетнаме. Нами сделан прогноз обрастания опор нефтедобывающих платформ у побережья Сахалина [Звягинцев, 2005]. На основании анализа всех этих данных возможно прогнозирование обрастания водозабора нового океанариума у северо-восточного побережья о-ва Русский, расположенного в непосредственной близости от ВТЭЦ-2.

В процессе эксплуатации систем водозабора в этом районе следует ожидать развития обрастания, включающего не менее 117 видов гидробионтов и состоящего преимущественно из водорослей, гидроидов, баланусов, двустворчатых моллюсков, иглокожих, асцидий и губок. Во всех случаях обрастание образует стопроцентное покрытие уже через 15–20 суток с момента погружения субстрата в воду. Ниже приведено количественное распределение фонообразующих видов по глубинам:

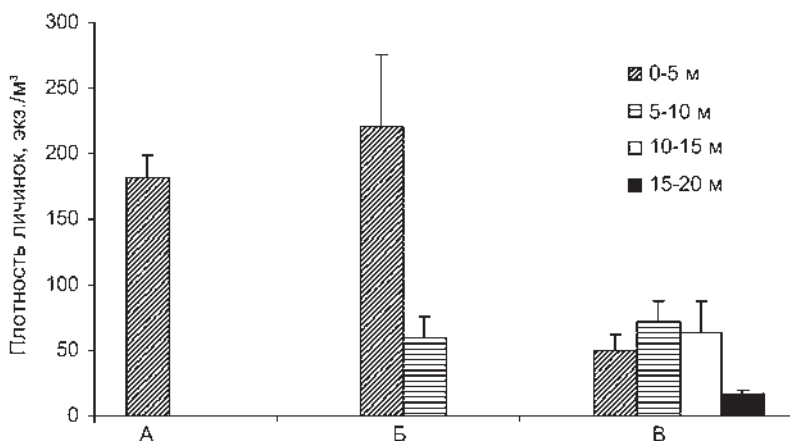


Рис. 4-2. Вертикальное распределение личинок *Mytilus trossulus* в ковше ВТЭЦ-2 над глубиной 5 м (А), в Уссурийском заливе над глубиной 10 м (Б) и над глубиной 20 м (В). Вертикальные линии – ошибка средней

1. Урез воды – глубина 1 м. Зеленые водоросли, усоногие раки *Ch. dalli*, *A. improvisus*, *S. cariosus*, трубчатые полихеты *H. ezoensis*. Биомасса до 10 кг/м².

2. Глубина 1–15 м. Усоногие раки: *B. crenatus*, *B. rostratus*, *A. improvisus*; двустворчатые моллюски: *C. gigas*, *C. grayanus*, *M. kurilensis*, *M. trossulus*; трубчатые полихеты *H. ezoensis*; морские звезды и гидроиды. Биомасса до 100 кг/м² и более.

3. Глубина 15–30 м. Усоногие раки: *B. rostratus*; двустворчатые моллюски *P. macrochisma*, *C. grayanus*, *M. trossulus*; гидроиды, асцидии и губки. Биомасса исчисляется десятками килограммов на квадратный метр.

Оседание обрастания на субстрат в районе о-ва Русский в течение года происходит неравномерно. Наиболее опасный период – с июня по декабрь, при этом пик оседания обрастателей приходится на август. За эти 6 месяцев биомасса обрастания достигает 10 кг/м² при стопроцентном покрытии поверхности уже в течение первого месяца. Во время массового оседания обрастания защитная решетка водозабора диаметром 10 мм полностью зарастет усоногими раками и мидиями за 2,5–3 месяца. Тихоокеанская мидия за этот срок достигает размера 10–15 мм, а усоногие раки при несколько меньших размерах могут образовывать многоярусные поселения, поселяясь на ранее осевшие особи. В зимние месяцы оседает только *B. rostratus*, темпы его роста и плотность поселения невысоки. Однако продолжается рост ранее осевших обрастателей, и будут возникать новые вызванные ими БП. Приемный патрубок водозабора диаметром 500–600 мм за один год эксплуатации в результате массового оседания обрастания потеряет 20–30 % полезного внутреннего диаметра с соответствующими потерями объема закачиваемой воды.

Максимальный ущерб при эксплуатации водоводов наносится тихоокеанской мидией *M. trossulus*. Нами доказано, что термообработка тоннелей ВТЭЦ-2 летом недостаточно эффективна, так как оседание мидий продолжается и после

нее в сентябре–ноябре. На основании результатов исследования нами вертикального распределения пелагических личинок этого вида в водозаборном ковше ВТЭЦ-2 следуют практические рекомендации. Так, для предотвращения интенсивного оседания личинок тихоокеанской мидии – основного обрастателя систем охлаждения в зал. Петра Великого – рекомендуется размещать водозабор в районе о-ва Русский глубже 20 м.

На основании вышеизложенного возможны некоторые общетеоретические выводы. К настоящему моменту наступил последний этап преобразования природы человеком – глобальное изменение всех экологических компонентов биосферы в связи с интенсификацией хозяйства, в частности строительства судов и ГТС. Этот этап начался сравнительно недавно, не более 300 лет назад с особой активизацией в XX веке, и достигнет наибольшей остроты в начале XXI века. Если в дальнейшем не произойдет глобальной катастрофы типа ядерной войны или тотального разрушения озонового экрана планеты, следует ожидать постепенного смягчения антропогенного пресса как следствие «внедрения» принципов экоэтики [Кинне, 1999] и перехода природной среды к восстановлению до фазы целесообразного экологического равновесия. Проводя параллель между эволюцией зоны искусственных субстратов (антропали) и наземной цивилизации (собирательство–охота–земледелие–урбанизация–переход к устойчивому развитию), следует отметить, что в отличие от цивилизации антропаль уже достигла устойчивого развития. В настоящее время наблюдается один из тех редких случаев, когда природа дает достойный ответ на антропогенное вмешательство и оказывается победителем – морское обрастание было, есть и будет прогрессировать вследствие постоянного роста числа искусственных субстратов в галосфере.

Проблема морских биоинвазий входит в число важнейших экологических проблем конца XX–начала XXI веков. За последние десятилетия в связи с бурным развитием судоходства участились случаи расселения живых организмов с помощью судов в самые различные районы Мирового океана. Происходит вселение не только отдельных гидробионтов – иногда это глобальные перемены на уровне целых фаун [Carlton, Geller, 1993]. Перенос и интродукция видов могут происходить как преднамеренно, например при аквакультуре и научных исследованиях, так и непреднамеренно, например судами. Перенос чужеродных организмов судами может осуществляться как с обрастанием на корпусе судна, так и с его балластными водами и осадками. В начале XXI века объемы мирового судоходства возросли настолько, что почти 80 % всей перевозки грузов осуществляется судами, действующими на международных линиях.

Японское море, как и все дальневосточные моря России, входит в составбореальной тихоокеанской биогеографической области. При этом Берингово море и большая часть Охотского моря лежат в пределах высокобореальной подобласти, а северная часть Японского моря и южные районы Охотского моря отнесены к низкобореальной подобласти. В Японском море граница с субтропической подобластью тропической индоевстпацифической области проходит от середины Корейского полуострова до п-ова Ното на о-ве Хонсю. Таким образом, нахождение Японского моря на границе двух биогеографических областей с разным температурным режимом способствует процессу естественного расселения видов. В северо-западной части моря могут совместно обитать как широкобореальные, так субтропические и субтропическо-низкобореальные виды. В зал. Петра Великого эти противоречия выражены наиболее ярко. Этот залив расположен на стыке умеренной и субтропической зон и отличается разнообразием гидрологического режима и условий среды, что также способствует большому видовому богатству населяющих его флоры и фауны. Изучение чужеродных видов в Российских водах Японского моря в последние десятилетия проводится достаточно интенсивно [Багавеева, Звягинцев, 2000; Звягинцев, 2005; Звягинцев и др., 2009; Чернышев и др., 2006; и мн. др.]. В то же время сведения о таких видах в Охотском и Беринговом морях лишь эпизодичны.

В 2005 г. в рамках Северо-Тихоокеанской морской научной организации [North Pacific Marine Science Organization, PICES] была создана рабочая группа WG-21: Non-indigenous Aquatic Species [Радашевский и др., 2008]. Одной из задач группы является создание единой электронной базы данных (Nonindigenous Species Information System, NISIS), обобщающей информацию о видах-вселенцах в странах Северной Пацифики: Канады, Китая, России, США, Южной Кореи, и Японии (http://www.pices.int/members/working_groups/wg21.aspx). Первое обсуждение проекта такой базы состоялось на заседании рабочей группы WG-21 в рам-

ках 16-го ежегодного Совещания PICES в г. Виктория (Канада) в октябре 2007 г. На этом заседании все работы по созданию оболочки NISIS взяла на себя группа ученых из г. Ньюпорт, США. На заседании WG-21 в г. Пусан (Южная Корея) в марте 2008 г. была представлена первая версия оболочки NISIS, построенная на основе программы Microsoft Access (версия 2003 и выше). База данных NISIS включает возможность стандартизированного ввода и последующего поиска разнообразной информации по биологии, экологии и распространению видов, встречающихся в Северной Пацифике. Ввод информации в NISIS будет проводиться в каждой из стран участников PICES отдельно, а затем национальные NISIS будут объединяться в единую базу данных коллективом разработчиков в США. В перспективе планируется создание открытого сайта с обобщенной базой NISIS в Интернете, где будет возможно проведение поиска и получение всей опубликованной и обработанной информации о видах-вселенцах Северной Пацифики. Первый вариант такого сайта с объединенной базой данных NISIS представлен на 17-м ежегодном собрании PICES в октябре 2008 г. в г. Далянь (Китай). На этом сайте специалистами Института биологии моря ДВО РАН был представлен список видов-интродуцентов в северо-западной части Японского моря с краткой информацией о месте нахождения и происхождении этих видов. Данный список дополнен рядом новых видов, обнаруженных в 2009 г., и в настоящее время насчитывает 63 вида.

Основателями единой электронной базы данных (Nonindigenous Species Information System, NISIS) используется несколько упрощенная классификация видов-интродуцентов на разных стадиях акклиматизации. Эта схема предусматривает выявление всех вариантов видов сомнительного происхождения во избежание критики оппонентов, подвергающих сомнению статус вида-вселенца. Так, следуя данной схеме, к видам-вселенцам на стадии 4 следует отнести 106 видов рыб – сезонных мигрантов в зал. Петра Великого, заходящих в него лишь в теплое время года. Эти виды могут стать вселенцами при даже небольшом повышении температуры воды в результате как глобальных изменений климата, так и локальных очагов термального загрязнения. Эти данные ранее опубликованы и детально проанализированы [Соколовский, Соколовская, 2007], по этой причине они не включены в настоящий список. Так, сезонный мигрант кефаль-лобан встречается в подогретых сбросах ВТЭЦ-2 водах р. Объяснения даже в течение всего декабря, в то время как из других районов зал. Петра Великого эта рыба в ноябре уже уходит на юг. Кроме того, согласно этой классификации, к видам-вселенцам могут быть отнесены все виды морских змей, заходящие в этот залив в теплое время года [Харин, 2008]. Ниже перечислены основные признаки видов по классификации единой электронной базы NISES.

1. Вид-абориген. Вид с экологической и эволюционной историей в регионе, образовавшийся в данном регионе или занесенный в регион естественными механизмами расселения.

2. Неместный вид. Вид без экологического и эволюционного происхождения в данном регионе, или перенесенный в регион посредством деятельности человека.

3. Вид неизвестного происхождения. Вид, который не может быть окончательно классифицирован как абориген или неместный или из-за неопределенности вектора расселения, или из-за невозможности идентификации близких видов.

4. Вид с происхождением переходного типа. Вид с временным нахождением вне его естественного ареала из-за необычных климатических условий или периодических заносов.

5. Вид, не поддающийся идентификации.

В мировой практике неоднократно случались недоразумения и даже происходили конфликты между специалистами, утверждавшими или отрицавшими статус вселенца какого-либо вида, впервые обнаруженного в определенной акватории. Споры обычно ведутся о натурализации вида, поскольку промежуточные стадии вселения могут закончиться натурализацией лишь гипотетично. Выявление вселенцев – весьма сложная и ответственная работа. Подобные исследования возможны лишь при участии высококвалифицированных специалистов-систематиков, обладающих глубокими знаниями фаунистики региона и биогеографии. Акклиматизация – процесс вероятностный. При самом тщательном и детальном исследовании невозможно со стопроцентной уверенностью утверждать, что данный вид – вселенец, а не абориген, не замеченный ранее исследователями. Даже при ноотрансплантации, когда человек специально подбирает переселенцев и водоемы для вселения, положительный эффект достигается в 10–90% случаев. Основным недостатком выборочного метода сбора материала, используемого обычно гидробиологами, является неполнота информации. Конечно же, идеальным вариантом было бы изучение генеральной совокупности, что, как известно, нереально. Даже такая большая выборка, как суда из 11 промысловых районов, на основании анализа эмпирических кривых тренда «виды–площадь» дает лишь около половины теоретически возможного числа видов [Звягинцев, 2005]. Практически невозможно зарегистрировать судно с экзотическими видами в составе обрастания или в балластных водах, а затем наблюдать их акклиматизацию. Чаще исследователь вынужден судить о том, является данный вид вселенцем или нет, по косвенным признакам. Ряд таких признаков выделены Г.Б. Зевинной с соавторами [1975] для прикрепленных форм гидробионтов, способных существовать в обрастании судов: 1) широкое расселение вида в текущем столетии; 2) неоднократное нахождение его в портах, куда заходят суда дальнего плавания; 3) нахождение вида в новом месте на судах каботажного плавания; 4) эврибионтность вида. Список подобных признаков для эррантных бентосных, а также для планктонных форм может быть продолжен соответствующими специалистами. Так, для всех форм гидробионтов главным, на наш взгляд, служит *факт массового развития популяции данного вида, способного к размножению, в хорошо изученном районе, где этот вид никогда не был отмечен ранее*. Весьма серьезным признаком вселенца служит факт его обнаружения в местах, подверженных термальному либо иному типу антропогенного загрязнения. Необходимым условием установления статуса вселенца служит высокая степень изученности акватории высококвалифицированными специалистами в течение ряда лет (так, только в одной количественной пробе мейофауны в неизученном районе может быть обнаружен десяток новых не только для района, но и для науки видов нематод!). М.И. Орловой и А.Е. Анцулевичем [2006] выделен такой признак, как восприимчивость экосистемы к натурализации интродуцированного организма (предоставляемый градиент основных факторов среды; наличие свободных экологических ниш или слабая конкуренция в них со стороны видов-аборигенов).

Для предотвращения недоразумений и отрицательных отзывов возможных оппонентов мы предлагаем при установлении вероятности статуса вселенца использовать простейшую шкалу наличия/отсутствия признака вселенца в процентах на основании характеристик, указанных выше, совместно с предложенными нами (табл. 5-1). Например, если вид имеет 6 из 10 установленных для данной группы признаков, то вероятность того, что он является вселенцем – 60%. Возможна разная доля значимости каждого из признаков, тогда оценка статуса вселенца станет более объективной. Для каждой экологической группы (планктон, бентос, перифитон, обрастание) должна быть разработана собственная шкала, хотя основные признаки чаще всего оказываются общими для всех групп. Стопроцентная вероятность статуса вселенца возможна лишь в очевидных случаях. Так, никто не станет отрицать факт натурализации камчатского краба в Баренцевом море и дальневосточного пиленгаса в Азово-Черноморском бассейне. Обычно такая вероятность статуса вселенца характерна для крупных, хорошо известных всем промысловых видов.

Таблица 5-1

**Шкала основных признаков вида-вселенца для организмов-обрастателей
(расположены по убывающей степени значимости)**

№	Признак вселенца	Значимость признака, %
1.	Высокая степень изученности акватории высококвалифицированными специалистами в течение ряда лет	15
2.	Установление таксономической принадлежности вида-вселенца специалистом высшей квалификации с использованием современных методик	15
3.	Факт массового развития популяции данного вида, способного к размножению, в хорошо изученном районе, где этот вид никогда не был отмечен ранее	15
4.	Широкое расселение вида в текущем столетии	10
5.	Эврибионтность вида	10
6.	Нахождение вида в новом месте на судах каботажного плавания	10
7.	Неоднократное нахождение вида в портах, куда заходят суда дальнего плавания	10
8.	Обнаружение вида в местах, подверженных термальному либо иному типу антропогенного загрязнения	5
9.	Предоставляемый водоемом-реципиентом соответствующий градиент основных факторов среды	5
10.	Наличие в водоеме-реципиенте свободных экологических ниш	2,5
11.	Слабая конкуренция со стороны видов-аборигенов в водоеме-реципиенте	2,5

Естественно, предложенная нами схема оценки вероятности статуса вселенца не является неуязвимой для критики и может быть всячески модифицирована и дополнена специалистами по разным группам, но принципиальное значение ее создания очевидно. Таким образом, в настоящее время отсутствует общепринятая схема выявления статуса вселенца и любая информация о биоинвазиях в той или иной степени гипотетична.

5.1. ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ В МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМАХ АКВАТОРИЙ В РАЙОНЕ ВТЭЦ-2

Известно, что антропогенное загрязнение, в том числе термальное загрязнение промышленными предприятиями, способствует процессу биоинвазии и акклиматизации тепловодных видов. Так, в системе охлаждения ВТЭЦ-2 и прилегающих акваториях нами обнаружен ряд видов-вселенцев, находящихся на разных стадиях акклиматизации.

Molgula manhattensis [De Kay, 1843]. Вероятность статуса вселенца – 90 %. В месте сброса подогретых вод ВТЭЦ-2 в кутовой части бух. Золотой Рог на экспериментальных пластинах нами обнаружены массовые поселения асцидий *M. manhattensis*, ранее ни разу не отмеченного в зал. Петра Великого [Zvyagintsev et al., 2003] (рис. 5-1). На основании особой важности сделанного нами такого открытия остановимся на этом виде асцидий подробнее. Вид хорошо известен, и имеются несколько подробных его описаний, поэтому мы не считаем целесообразным приводить здесь его полное описание.

Е. Гентшель [Hentschel, 1923] и Д.П. Висшер [Visscher, 1927] еще в первой четверти XX века охарактеризовали роль асцидий в обрастании судов дальнего плавания. В частности, одиночная асцидия *M. manhattensis* отмечена этими авторами на 7 % осмотренных судов, т.е. процесс ее расселения активно происходил уже в то время. Оседание этого вида на стеклянные пластины в Бофорте (Северная Каролина) происходит с мая по декабрь в широком диапазоне температур 10–27° С. Достижение «асцидиевого климакса» в ходе биотической сукцессии всего за 26 недель подробно описано А.К. Редфилдом и Э.С. Диви [1957] на экспериментальной пластине в Майами. По данным этих авторов, в обрастании отмечено 2,5% от общего числа видов известных тогда асцидий. В настоящее время число зарегистрированных в обрастании видов асцидий, несомненно, значительно увеличилось.

Естественный ареал этого вида, по-видимому, находится на атлантическом побережье Северной Америки и простирается от штата Мэн до Луизианы [Kott, 1985]. Однако вид быстро распространяется по всему свету. В 50-х годах он был

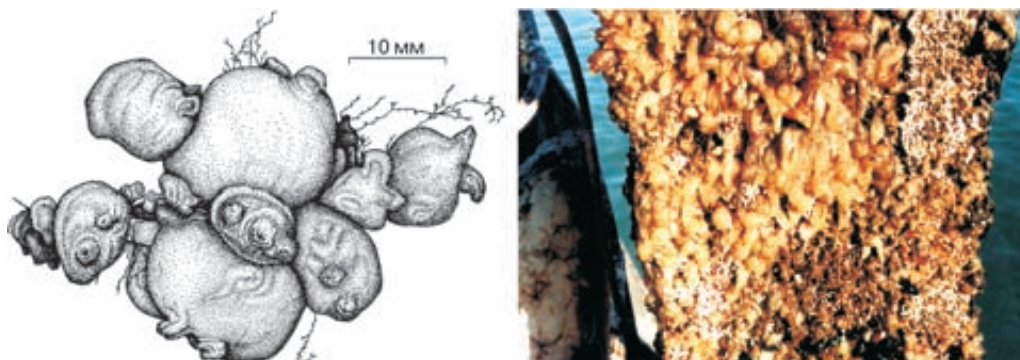


Рис. 5-1. *Molgula manhattensis* – группа экземпляров, внешний вид (слева); обрастание асцидиями экспериментальной пластины (справа)

найден в большом количестве на тихоокеанском побережье Северной Америки, в заливе Сан-Франциско [Abbott, Newberry, 1980]. По мнению японских специалистов [Kajihara, 1996], этот вид был занесен в Японию на днищах кораблей. В 1975 году он был впервые отмечен в Австралии, в нескольких километрах выше по течению от устья р. Брисбан (Восточная Австралия), где соленость у дна была около 16 ‰ [Kott, 1976]. У дальневосточных берегов России этот вид отмечен впервые. Имеются сведения о находках в Белом море, однако они нуждаются в подтверждении.

Это один из очень немногих видов асцидий, который легко приспосабливается к пониженной солености и может в больших количествах встречаться в закрытых водоемах с сильно опресненной морской водой. Чистота воды также не имеет большого значения: вид встречается как в чистой воде, так и в воде с большим количеством взвеси. Считается, что асцидии этого вида живут около года, быстро достигают половой зрелости и размножаются несколько раз в течение жизни. Оплодотворение наружное, очень мелкие яйца выметываются в большом количестве прямо в воду, поэтому личинки в перибранхиальной полости почти никогда не встречаются. Свободно плавающая личиночная стадия длится 1–10 часов. Быстрому росту этих асцидий способствует наличие весьма эффективного механизма фильтрации: спиральные стигмы, высокие складки и большое количество дополнительных воронок увеличивают общую фильтрующую поверхность жаберного мешка.

Одиночные и колониальные асцидии – полноправный компонент сообществ обрастания судов, гидротехнических сооружений и экспериментальных пластин практически во всех регионах Мирового океана. Для асцидий рода *Molgula* характерен своеобразный «рекорд» скорости роста: в районе Виргинии всего за 2 недели отдельные особи достигали максимального размера, при этом поселяясь эпипланктонно на животных других видов [Зевина, 1994]. Аналогичная картина при таких же темпах роста *M. manhattensis* наблюдалась и на наших пластинах из бух. Золотой Рог. В более ранней работе Зевина [1972] пишет о встречаемости асцидий рода *Molgula* в обрастании Японского моря. К сожалению, автор не указывает их видовую принадлежность. Однако, по нашим данным, асцидии рода *Molgula* в обрастании всех типов субстратов у российского побережья Японского моря до настоящего времени не были обнаружены. Асцидии рода *Molgula* известны из обрастания судов и пластин в Желтом море, при этом их биомасса достигает значительных показателей – 33,2 кг/м².

Сезонная динамика оседания основных обрастателей на пластины из оргстекла в зал. Петра Великого, в частности в бух. Золотой Рог, достаточно хорошо изучена [Горин, 1975]. По данным этих авторов, массовое оседание личинок балануса *B. crenatus* имело 2 пика и зависело от хода температурной кривой. Массовое оседание мидии *M. trossulus* на пластины отмечено этими авторами в июле-августе при среднемесячных температурах соответственно 18,5 и 20,8°C. Гидроид *O. longissima* является одним из основных обрастателей в северо-западной части Японского моря. В бух. Золотой Рог при сохранении общей тенденции положительной корреляции кривых биомассы и температуры имеются значительные спады биомассы в июле. А.Н. Гориным [1975] анализируется также динамика оседания на пластины брюхоногих моллюсков, многощетинковых червей, мшанок, однако об оседании асцидий на пластины не упоминается вообще.

Последние исследования обрастания в бух. Золотой Рог проведены М.Д. Коряковой с соавторами [1990] более 20 лет назад. Этими авторами асцидии данного вида в обрастании пластин, экспонировавшихся в этих же точках в те же сезоны, также не встречены.

Одиночные асцидии *M. manhattensis* не были найдены также в сообществах обрастания судов в бух. Золотой Рог. Другой вид-интродуцент *Hydroides elegans* доминировал в обрастании судов на причоле и судов портового плавания в этой бухте, а также на судах, заходивших в бухту Золотой Рог гидрологическим летом 1974–1980 гг. На неподвижных судах трубки полихет были расположены перпендикулярно к поверхности корпуса, образуя 100%-ное покрытие, длина их достигала 60–70 мм [Звягинцев, 2005].

На основании полученных нами данных можно сделать выводы по составу и количественным показателям основных макрообрастателей в ходе их оседания на пластины. В бух. Золотой Рог, подверженной значительному нефтяному, органическому и термальному загрязнению, динамика оседания обрастателей на пластины принципиально отличается от динамики их оседания в контрольной точке. Так, значительный пик оседания здесь дает *B. crenatus*, в массе оседающий на пластины на протяжении всего июля. Оседание обрастателей на пластины у 42-го и 44-го причалов в общем аналогично, однако во второй точке, расположенной намного ближе к кутовой части бухты и подверженной антропогенному прессу в наибольшей степени, в конце эксперимента появляется очень много колониальных и одиночных асцидий. При этом *M. manhattensis* становится доминирующим видом сообщества обрастания.

Существует мнение, что сукцессия обрастания не всегда завершается доминированием двустворчатых моллюсков. Так, на Белом море сукцессия обрастания продолжается не менее 4 лет и завершается формированием сообщества асцидий и губок [Ошурков, 1985]. В Северном море на смену двустворчатому моллюскам в обрастании приходит сообщество губок, гидроидов и асцидий [Goodman, Ralf, 1979]. В нашем случае всего за 4–5 месяцев на пластинах, простоявших в бух. Золотой Рог в летне-осенний период 1999 и 2000 гг., сформировалось сообщество одиночных и колониальных асцидий. При этом одиночная асцидия *M. manhattensis* благодаря очень высокой скорости роста всего за 2–3 недели после начала ее оседания становится доминирующим видом сообщества обрастания на пластинах из бух. Золотой Рог.

На основании всего вышеизложенного следует вывод, что *M. manhattensis* – это вселенец, нашедший оптимальные условия существования в сапробных водах бух. Золотой Рог, подверженной термальному загрязнению ВТЭЦ-2. Такой ход сукцессии сообществ обрастания в зал. Петра Великого зарегистрирован нами впервые. Кроме экспериментальных пластин массовые поселения асцидий *M. manhattensis* обнаружены нами в 2006 г. в многолетнем мидиевом обрастании НИС «Академик Александр Несмеянов», стоящем на причоле у 44-й причала. Последние находки этого вида зарегистрированы нами в 2009 г. в обрастании специальных экспериментальных пластин, установленных нами в этой точке в связи с программой исследований морских биоинвазий рабочей группы WG-21 Северо-Тихоокеанской морской научной организации PICES. Все особи были половозре-

лыми и достигали размера 4–6 см, т.е. имеются основания утверждать факт натурализации этого вида, пока только в подверженной термальному загрязнению бух. Золотой Рог.

В течение нескольких последних десятилетий значительно возросло внимание исследователей к мониторингу окружающей среды с использованием различного рода организмов-индикаторов. При мониторинге морской среды наиболее часто используются бурые водоросли-макрофиты и двустворчатые моллюски, прежде всего мидии рода *Mytilus*. Так называемый «мидиевый крен» в таких исследованиях наблюдался длительное время [Христофорова, 1989]. При дальнейшем подтверждении факта вселения одиночной асцидии *M. manhattensis* в зал. Петра Великого по маршруту: атлантическое побережье Северной Америки → Австралия → Япония → залив Петра Великого и массового его развития в сапробных водах этот вид окажется возможным использовать в качестве организма-индикатора.

В кутовой части бух. Золотой Рог нами обнаружен также ряд так называемых «старых вселенцев», т.е. видов-интродуцентов, отмеченных ранее другими исследователями и находки которых подтверждены нашими данными.

Amphibalanus improvisus Darwin, 1854 (рис. 5-2). Вероятность статуса вселенца – 100%. Г.Б. Зевина [1972], подробно проанализировавшая процесс натурализации этого вида усоногих раков в Каспийском море, считала также Японское море пригодным для его внедрения.

Наши исследования подтвердили это предположение. Впервые *A. improvisus* отмечен в обрастании гидротехнических сооружений зал. Петра Великого в 1969 г. [Зевина, Горин, 1971]. Нами этот вид отмечен в составе обрастания всех действующих судов прибрежного и портового плавания, осмотренных в заливе не ранее последних чисел июля, т.е. начала оседания молоди *A. improvisus*.

Из вышесказанного следует, что *A. improvisus* к настоящему времени стал обычным видом обрастания судов прибрежного и портового плавания в зал. Петра Великого. В обрастании ГТС этого залива *A. improvisus* встречен практически на всех осмотренных объектах, являясь характерным видом в сообществах обрастания ГТС Амурского залива (после мидий *M. trossulus* и устриц *C. gigas*) и бух. Золотой Рог (после трубочатых полихет *H. elegans*).



Рис. 5-2. Массовое поселение усоногих раков *Amphibalanus improvisus* в обрастании пластин

Высокая экологическая пластичность и способность переносить почти полное опреснение [Зевина, Стрелков, 1983] позволила этому виду занять свободную экологическую нишу и натурализоваться в Амурском заливе. То, что он является вселенцем, а не аборигеном, не замеченным раньше исследователями, подтверждает полное соответствие характеристик вида признакам вселенцев, выделенным Г.Б. Зевинной с соавторами [1975]. Анализ ряда особей этого вида из бентоса верхней сублиторали показал, что они содержали личинки на последней стадии перед выметом, часть из них уже отметала личинки. Из этого следует, что в зал. Петра Великого сформировалась местная популяция *A. improvisus*, обитающая не только на искусственных субстратах, но и в бентосе, способная к размножению [Звягинцев, 2005].

Amphibalanus amphitrite Darwin, 1854 (рис. 5-3). Вероятность статуса вселенца – 100 %. Эврибионтный сублиторальный вид усоногих раков, широко распространенный в тропической и субтропической областях.

По данным Г.Б. Зевинной и Ф.Н. Горина [1975], этот вид встречался в обрастании буев заливов Находка, Стрелок и Амурский лишь в теплые годы. По мнению этих авторов, популяция *A. amphitrite* возобновляется каждый раз при благоприятных температурных условиях за счет переноса личинок течениями от берегов Японии, а также за счет приноса половозрелых размножающихся особей судами дальнего плавания.

В зал. Петра Великого *A. amphitrite* обнаружен нами в обрастании 46 % осмотренных действующих судов, за исключением судов, проводящих не менее 20 % времени в бух. Золотой Рог. Здесь этот вид отмечен на всех осмотренных объектах. На большинстве судов из зал. Петра Великого этот вид входил в число второстепенных первого или второго порядка. На судах, подолгу стоящих в бух. Золотой Рог, нередко является характерным видом.



Рис. 5-3. Усоногие раки *Amphibalanus amphitrite*, внешний вид

A. amphitrite ни разу не был отмечен нами в сообществах бентоса зал. Петра Великого. В то же время в обрастании судов прибрежного и портового плавания этого залива вид встречается ежегодно, а не только в теплые годы, как считают Г.Б. Зевина и А.Н. Горин [1975], и отдельные особи оказались способными переносить зимние условия. Однако на подавляющем большинстве осмотренных судов этот вид после зимней эксплуатации не обнаружен. *A. amphitrite* был отмечен Н.А. Рудяковой [1981] как второстепенная форма сообществ обрастания судов в зал. Петра Великого. По мнению этого автора, даже кратковременное (около двух недель) пребывание в холодных северных водах приводит к его гибели. На осмотренных нами судах портового плавания, базирующихся в портах Японского моря севернее мыса Поворотный, *A. amphitrite* не обнаружен. Однако этот вид обычен на судах прибрежного плавания, действующих на маршруте Владивосток–Светлая. Отсюда следует вывод, что необходимым условием наличия этого балануса является заход судна летом в залив Петра Великого.

В 2001 г. впервые проведены комплексные исследования закономерностей размножения, личиночного развития и динамики оседания на искусственный субстрат усонного рака *A. amphitrite* в бух. Золотой Рог [Звягинцев, Корн, 2003]. Показано, что его размножение и оседание личинок происходит с августа по октябрь в широком диапазоне температур 13–22,5°C.

В зал. Петра Великого в теплое время года существует зависимая популяция *A. amphitrite*, обитающая лишь на антропогенных субстратах.

В этом заливе взрослые особи, занесенные судами дальнего плавания в благоприятный для существования вида сезон, продуцируют личинок, успевающих осесть и вырасти, но погибающих при зимнем понижении температуры воды.

Corophium acherusicum [Costa, 1851] (рис. 5-4). Вероятность статуса вселенца – 95 %. Этот вид ранее был отмечен в зал. Петра Великого лишь в составе сообществ обрастания [Зевина и др., 1975]. Авторы высказывают предположение, что этот вид разносится при автотрансплантации *A. improvisus* и *B. eburneus*, поселяясь в домиках умерших баланусов.

Ареалы этих видов, распространенных в большей части субтропической и тропической областей, весьма сходны. Ранее нами обнаружено несколько половозрелых особей в обрастании зверобойной шхуны, простоявшей на приколе в заливе Посьета. Находки этого вида в сообществах бентоса зал. Петра Великого в то время были неизвестны. По мнению Г.Б. Зевиной с соавторами [1975], *C. acherusicum*, как и *B. eburneus*, находился на первой стадии акклиматизации и вряд ли натурализуется в этом заливе. Однако по последним данным, этот вид амфипод встречается в сообществах бентоса в юго-западной части зал. Петра Великого и устья р. Туманной [Будникова, 2001]. Кроме того, *C. acherusicum* обнаружен на шельфе восточного Сахалина в 2002 г. экспедицией ТИПРО-центра [Будникова, Савко, 2002]. Этот вид встречен нами также в обрастании системы охлаждения ВТЭЦ-2 г. Владивостока [Звягинцев, Будникова, 2003]. Очевидно, эти данные свидетельствуют о натурализации *C. acherusicum* в зал. Петра Великого.

Hydroides elegans [Haswell, 1883] (рис. 5-5). Вероятность статуса вселенца – 95 %. Эврибионтный вид, который выносит значительные колебания солености и достаточно сильное загрязнение [Багавеева, 1981]. Н.А. Рудякова [1981] выделяет два типа обрастания судов с преобладанием *H. norvegica*, стоящих на приколе или плавающих со скоростью до 16 узлов в зал. Петра Великого.



Рис. 5-4. Разноногие рачки *Corophium acherusicum* – внешний вид.

По мнению Э.В. Багавеевой, здесь идет речь о *H. elegans*, однако переопределение вида оказалось невозможным. К сожалению, это не позволяет сравнивать наши данные с результатами исследований Н.А. Рудяковой.

H. elegans обнаружен в обрастании экспериментальных пластин в бух. Золотой Рог [Горин, 1975]. Первое сообщение о находке этого вида в составе сообществ обрастания судна на приколе принадлежит Э.В. Багавеевой [1981]. Нами *H. elegans* обнаружен на большинстве осмотренных судов из зал. Петра Великого. Непременным условием присутствия этого вида в обрастании судов оказались заходы и хотя бы кратковременные стоянки в бух. Золотой Рог [Bagaveeva, Zvyagintsev, 2001]. Максимальные количественные показатели *H. elegans* зарегистрированы для судов, не выходящих из бухты. Этот вид доминирует в обрастании гидротехнических сооружений, причем биомасса его увеличивается по мере приближения к подверженной термальному загрязнению кутовой части бухты. Из приведенных данных следует, что *H. elegans* в бух. Золотой Рог находится на стадии «экологического взрыва» [Расс, Резниченко, 1977].

Polydora limicola Annenkova, 1934. Северный бореальный тихоокеанский вид, образует многочисленные поселения в донных сообществах на Камчатке. История находок этого вида в бентосе Берингова моря, Авачинской губы, о-ва Шикотан, Калифорнийского побережья известна из литературы. Этот вид, обладающий высокой экологической пластичностью – переносящий понижение солености до 6‰ и значительное загрязнение нефтепродуктами, в 60-х годах был занесен судами в Черное море, после чего там натурализовался. В Баренцевом море



Рис. 5-5. Внешний вид колонии *Hydroides elegans* на корпусе судна

P. limicola обнаружен лишь в обрастании судов и отсутствует в бентосе. Нами этот вид встречен в обрастании ГТС Владивостока, Находки, Холмска и Углегорска, однако он не обнаружен в бентосе [Багавеева, 1981]. *P. limicola* встречен в составе сообществ обрастания осмотренных нами судов в качестве второстепенного вида, в основном – в зал. Петра Великого.

Этот вид был занесен в бухту Золотой Рог с обрастанием судов дальнего плавания в 1970-е годы (или ранее) и успешно здесь размножается. Пелагические личинки этого вида многочисленны (до 500 экз./м³) в планктоне с июля по декабрь. Однако взрослые полихеты (до 10000 экз./м²) встречаются в основном на антропогенных субстратах, в обрастании пирсов и судов. Редкие находки этого вида на дне бух. Золотой Рог и полное его отсутствие вне бухты свидетельствуют о том, что *P. limicola* не натурализовалась в бентосе зал. Петра Великого, хотя и успешно акклиматизировалась в одной из его бухт [Radashevsky, 2008].

Большой интерес представляет нахождение в водозаборном ковше и обводном канале системы охлаждения Владивостокской ТЭЦ-2 с 1985 по 2008 г. 14 видов заднежаберных моллюсков. Из них 3 вида (*Leostyletus pseudomisakiensis*, *Catrina columbiana* и *Tenellia adspersa*) в Японском море ранее нигде более не были найдены [А.В. Чернышев, неопубликованные данные].

Leostyletus pseudomisakiensi Мартынов, 1998. Вероятность статуса вселенца – 30 %. Был найден в августе и сентябре 1992 и 1993 гг. в обводном канале на ли-

стях *Zostera asiatica*, обросших гидроидами *O. longissima* и *Clytia edwardsi* [Мартынов, 1998]. В 1993 г. был обычен, но после 1993 г. не встречался. За пределами типового местонахождения пока не найден. Хотя в первоначальном описании вида указано, что типовой материал хранится в Зоологическом музее ДВГУ, он там изначально отсутствовал.

Catriona columbiana [O'Donoghue, 1922] (рис. 5-6). Вероятность статуса вселенца – 30 %. Найден в А.В. Ченьшевым в обводном канале трижды: 20.06.1997 (определение Dr. S. Millen), 9.04.2005 и 20.04.2008. Все особи отложили кладки. У особи, собранной в 1997 г., часть папилл утрачена, оральные шупальца очень короткие, что, скорее всего, является результатом нападения *Coryphella athodona*. У особи, собранной в 2005 г., оранжевый пигмент на ринофорах развит слабо. Нигде более в Японском море этот вид найден не был.

Tenellia adspersa [Nordmann, 1844]. Вероятность статуса вселенца – 30 %. Найден А.В. Ченьшевым в обводном канале осенью 1995 г. (определение Dr. S. Millen). Нигде более в Японском море этот вид найден не был.

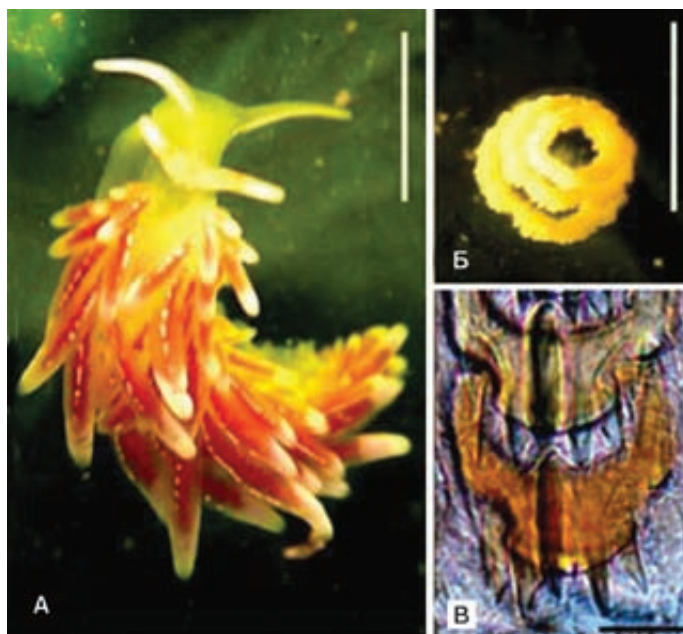


Рис. 5-6. Заднежаберный моллюск *Catriona columbiana* (А – внешний вид, Б – кладка, В – радула)

Mugil cephalus Linnaeus, 1758. Морской эвригалинный вид рыб, переносящий значительные колебания солености [Соколовский. Соколовская, 2007] (рис. 5-7). Широко распространен вдоль берегов Приморья и далее на север до Татарского пролива и лимана Амура. Обычен в прибрежных водах Юго-Восточной Азии, Индийского и Атлантического океанов. Самая крупная из кефалей. Достигает длины 90 см и массы более 6 кг. Стайная, очень подвижная рыба.

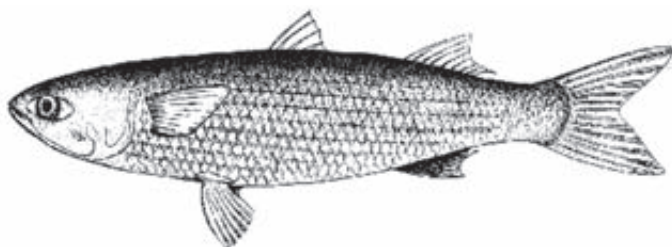


Рис. 5-7. Кефаль-лобан *Mugil cephalus*, внешний вид

Обладает способностью выпрыгивать из воды при испуге, легко перепрыгивает через выставленные ставные сети. Половозрелым становится на 6–8-м годах жизни при длине 30–40 см. Нерестится в мае–сентябре как в открытых, так и в прибрежных водах. Плодовитость до 7 тыс. икринок и более. Икра и личинки пелагические. В летний период интенсивно питается детритом, растительным обрастанием подводных субстратов, реже червями, рачками и мелкими моллюсками. В осенний период, в конце октября–ноябре, заходит в солоноватую воду устьев рек и бухты Северного и Южного Приморья, где может зимовать на ямах и при этом обычно не выживает зимой в силу своей теплолюбивости. По мнению А.С. Соколовского, этот вид может рассматриваться как перспективный объект лагунного товарного выращивания в Южном Приморье. Это подтверждается нашими данными. Так, сезонный мигрант кефаль-лобан встречается в подогретых сбросах ВТЭЦ-2 водах р. Объяснения даже в ноябре–декабре, где активно питается и является объектом спортивного лова. В это время из других районов зал. Петра Великого эта рыба уже уходит на юг. Для подтверждения возможности акклиматизации кефали-лобана в местах с термальным загрязнением и в условиях специального подогрева воды в Южном Приморье необходимы специальные исследования и эксперименты.

5.2. НОВЫЕ ДЛЯ РОССИЙСКИХ ВОД ЯПОНСКОГО МОРЯ ВИДЫ ДИАТОМОВЫХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПЕРИФИТОНА В МЕСТЕ СБРОСА ОТРАБОТАННЫХ ВОД ВТЭЦ-2

По данным А.А. Бегуна [2007], в перифитоне зал. Петра Великого зарегистрировано 138 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей, относящихся к отделам Bacillariophyta (120 видов), Dinophyta (14), Chrysophyta (3) и Chlorophyta (1). Основу флоры диатомовых водорослей формировали бентические виды (61 % видов), на долю бентопланктонных видов приходилось 10 %, планктонных – 29 %. Десять видов и внутривидовых таксонов диатомовых водорослей в российских водах Японского моря встречены впервые, причем все они найдены в кутовой части бух. Золотой Рог, подверженной термальному загрязнению ВТЭЦ-2. В связи с этим мы приводим указание местонахождения, количествен-

ные показатели, а также экологическую и географическую принадлежность этих видов (табл. 5-2).

Таблица 5-2

Местонахождение, количественные показатели и характеристики видов диатомовых водорослей, новых для российских вод Японского моря

Район	Время нахождения	Тип субстрата и срок его экспозиции	Плотность, тыс. кл./м ²	Биомасса, мг/м ²	Размеры клеток (длина, ширина), мкм
<i>Nitzschia hybrida f. hyalina</i> Proschk.-Lavr.					
бух. Золотой Рог, 44-й причал	октябрь 2000 г.	оргстекло, 134 сут	48	0,04	58–80 8–10
		высоколегированная сталь, 134 сут	37,5	0,12	
	июль 2001 г.	асбоцемент, 15 сут	13,6	0,57	
	октябрь 2001 г.	асбоцемент, нарастающий срок	33,6	0,09	
<i>Amphora caroliniana</i> Giffen					
бух. Золотой Рог, 44-й причал	октябрь 2000 г.	оргстекло, 15 сут	12000	11,5	18–22 12–14
		древесина, 15 сут	48000	45,7	
		оргстекло, 134 сут	126	0,07	
		высоколегированная сталь, 134 сут	75	0,05	
бух. Золотой Рог, 42 причал	октябрь 2000 г.	оргстекло, 15 сут	2500	2,4	
		древесина, 15 сут	2000	1,92	
		оргстекло, 134 сут	4000	3,74	
		высоколегированная сталь, 134 сут	30	0,03	
<i>Synedra toxoneides</i> (Ostrup) Hustedt					
бух. Золотой Рог, 44-й причал	июнь 2000 г.	древесина, 15 сут	500	9,6	80–100 4–6
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kutz.) Hantzsch ex Rabenh.					
бух. Золотой Рог, 44-й причал	ноябрь 2001 г.	асбоцемент, 15 сут	0,6	0,02	200–240 6–7
		асбоцемент, нарастающий срок	3,6	0,13	
<i>Pleurosigma clevei</i> Grunov 1883					
бух. Золотой Рог, 42 причал	август, 2000 г.	древесина, 15 сут	6	0,12	120–140 8–9
<i>Gyrosigma tenuissimum</i> (W. Sm.) Griffith et Henfrey					
бух. Золотой Рог, 44-й причал	август, 2001 г.	асбоцемент, 15 сут	32	0,23	110–120 5–6
		асбоцемент, нарастающий срок	16	0,12	
бух. Золотой Рог, 42 причал	октябрь, 2000 г.	древесина, 15 сут	180	3,45	

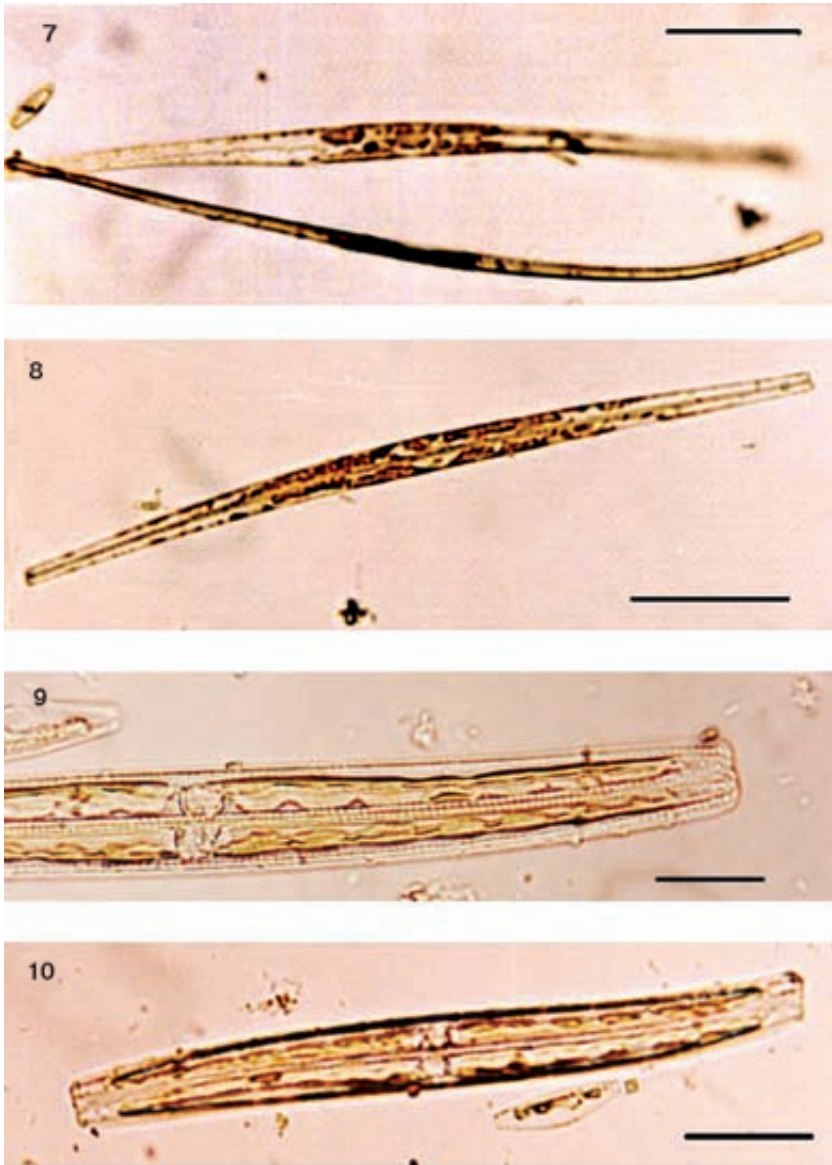
Район	Время нахождения	Тип субстрата и срок его экспозиции	Плотность, тыс. кл./м ²	Биомасса, мг/м ²	Размеры клеток (длина, ширина), мкм
<i>Falcula media</i> Voigt var. <i>subsalina</i> Proschk.-Lavr.					
бух. Золотой Рог, 44-й причал	октябрь, 2000	оргстекло, 15 сут	17	0,04	60–100 6–12
		древесина, 15 сут	72	0,27	
<i>Ardissonea crystallina</i> (C. Agardh) Grunov					
бух. Золотой Рог, 42 причал	июнь, 2000 г.	древесина, 15 сут	9	5,4	360–440 12–16
бух. Золотой Рог, 44-й причал	сентябрь, 2001 г.	асбоцемент, нарастающий срок	1,2	0,06	360–440 12–16
<i>Diploneis chersonensis</i> (Grunov) Cleve					
бух. Золотой Рог, 44-й причал	октябрь, 2000 г.	оргстекло, 134 сут	4,5	0,02	60–80 10–12
бух. Золотой Рог, 42 причал	июнь, 2000 г.	древесина, 15 сут	10	0,05	
<i>Neosynedra provincialis</i> (Grunov) Williams et Round					
бух. Золотой Рог, 44-й причал	июнь, 2000 г.	оргстекло, 15 сут	1600	7,69	80–110 4–7
		древесина, 15 сут	500	2,4	
		высоколегированная сталь, 15 сут	300	1,44	

Nitzschia hybrida f. *hyalina* Proschk.-Lavr. 1963. Солоноватоводная эвригалинная и эвритермная разновидность, космополит, β–мезосапробионт. Широко распространена у берегов европейских морей и в солоноватых континентальных водоемах, обильна в микрофитобентосе в бухтах, особенно вблизи устьев рек [Рябушко, 1994]. Встречена в эпибиозе раковин мидий рода *Mytilus* и в эпифитоне водорослей родов *Gracilaria*, *Cystoseira*, *Ceramium*, *Cladophora* и *Ectocarpus* в бухтах Казачья, Мартыновой и Карантинной Черного моря. Массовое развитие регистрировалось недавно в эпибиозах на коже черноморских дельфинов-афалин Карадагского заповедника и на поверхности гидроида *Garveia franciscana* Азовского моря [Парталы, 2006] (рис. 5-8: 1–3).

Amphora caroliniana Giffen 1980. Морской и солоноватоводный, эвригалинный, эвритермный бентосный вид, космополит, широко встречающийся у берегов опресненных зон морей, β–мезосапробионт. Известен в Печорском, Карском, Баренцевом, Каспийском морях. Встречается также в фитопланктоне и бентосе Черного и Азовского морей, их заливах и лиманах, в бентосе и на различных субстратах, в т.ч. на водорослях-макрофитах [Неврова, 1998]. Единичные экземпляры вида находили в обрастании мраморного известняка в Черном море. Появление этого вида отмечено в Хаджибейском лимане Черного моря в условиях усиления антропогенной нагрузки. Небольшое количество клеток вида отмечено в желудках кефали и бычка-зеленчака Черного моря [Рябушко, 2003]. Сравнительно недавно вид зарегистрирован в Белом море в эстуарии р. Черная Кандалакшского залива в составе интерстициального микрофитобентоса. Вид находили в эпифитоне, эпипитоне и эпипсаммоне гиперсоленых озер Крыма при солености 50–350 ‰ (рис. 5-8: 4–6).



Рис. 5–8. Новые для российских вод Японского моря виды диатомовых микроводорослей перифитона в месте сброса обработанных вод ВТЭЦ-2.



Продолжение рис. 5-8

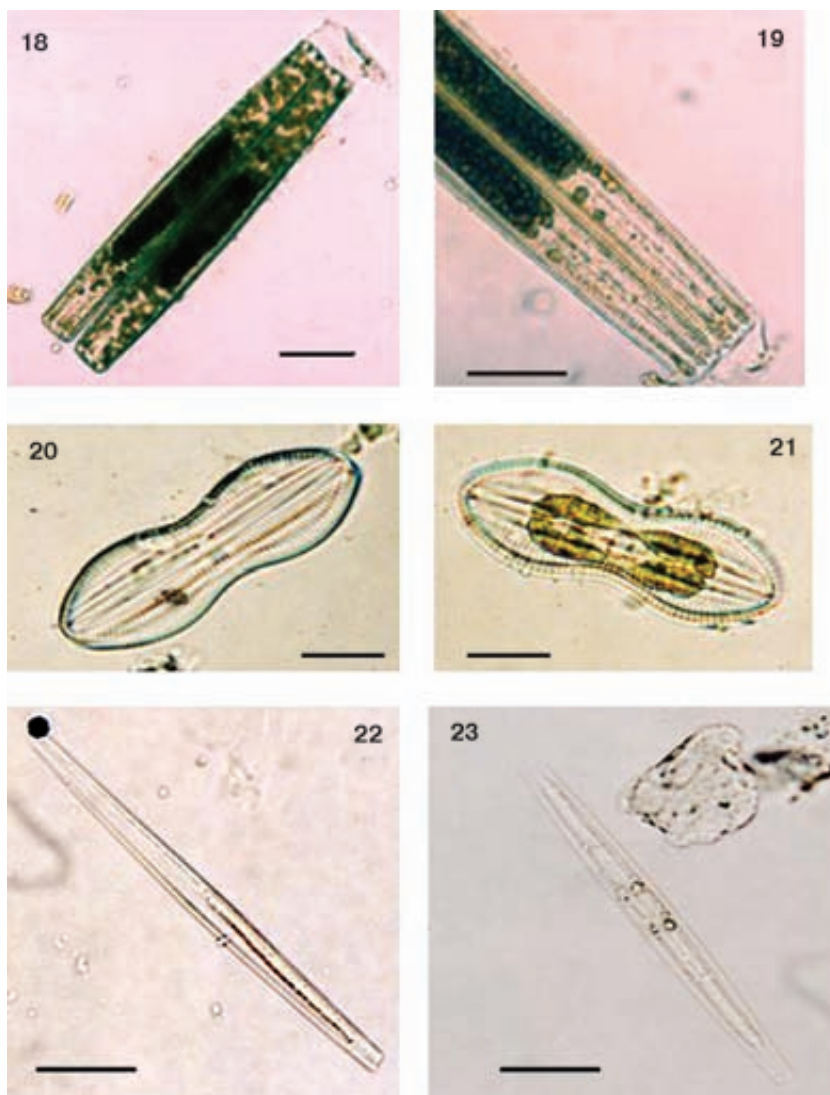
Synedra toxoneides (Ostrup) Hustedt, 1896. Солоноватоводная, бореальная, бентосная и эпифитная, эвритермная, эвригалинная разновидность, встречается в соленых и слабосоленых северных водоемах, β мезосапробионт. Встречается преимущественно в обрастании макрофитов и в слизистой пленке мягких грунтов. Вид недавно впервые отмечен в Тилигульском лимане Черного моря при солёности воды от 1,14 до 21,2 ‰ [Герасимюк, Ковтун, 2007] (рис. 5-8: 7–8).



Продолжение рис. 5-8

Nitzschia vermicularis (Kutz.) Hantzsch ex Rabenh., 1860. Вид широко распространен в бентосе и планктоне литоральной зоны пресных водоемов [Прошкина-Лавренко, 1963]. Космополит, эвритермный, β -мезосапробионт. Недавно отмечен в Тилигульском лимане Черного моря при солености воды 21,2 ‰ [Герасимюк, Ковтун, 2007] (рис. 5-8: 9–10).

Pleurosigma clevei Ggunov, 1883. Морской арктический бентосный вид. Известен в бентосе северных морей СССР [Диатомовый анализ, 1949] (рис. 5-8: 11–12).



Окончание рис. 5-8

Gyrosigma tenuissimum (W. Sm.) Griffith et Henfrey 1856. Морской, эври-термный, эвригалинный, бентосный аркто-бореальный вид [Диатовый анализ, 1949]. Встречается в северных морях и в Черном море, в западной Европе известен в Адриатическом море. Единичные клетки водоросли находили в донных осадках побережья Мавритании западной Африки. Сравнительно недавние исследования показали наличие этого вида на всех исследованных субстратах, в т.ч. на водорослях-макрофитах и в эпипиозах мидии *Mytilus galloprovincialis* в бух. Казачья Черного моря [Рябушко, Рябушко, 2001] (рис. 5-8: 13–14).

Falcula media Voigt var. subsalina Proschk.-Lavr., 1963. Морская разновидность, эпифит. Найдена единично в Черном море в августе у берегов мыса Железный Рог (юго-запад Таманского п-ова), на глубине 11 м, где в массе обростала водоросли талломов водоросли *Nereia filiformis*. Значительно позднее разновидность впервые была обнаружена в большом количестве в бух. Казачья и бух. Стрелецкой Черного моря на различной глубине и на всех исследованных субстратах, в том числе в эпифитоне бурой водоросли *Cystoseira barbata* в Черного моря [Рябушко, 2001] (рис. 5-8: 15–17).

Ardissonea crystallina (С. Agardh) Grunov, 1880. Морской эвригаллиный и эвритермный, литоральный и сублиторальный широко распространенный бореальный вид, β-мезосапробионт, эпифит [Прошкина-Лавренко, 1963]. Широко распространен во всех европейских морях, в том числе в Черном море, Сиваше и Молочном лимане. Обитает преимущественно в бухтах на водорослях и высших водных растениях, в верховьях Севастопольской бухты массами обростал заросли *Zostera nana* и *Gracilaria verrucosa*. Встречен в эпибиозах на раковинах мидий рода *Mytilus* в бух. Казачья Черного моря, а также на панцирях крабов Кавказского побережья [Кучерова, 1960] (рис. 5-8: 18–19).

Diploneis chersonensis (Grunov) Cleve 1894. Морской, эвригаллиный, эвритермный, бентосный, литоральный, тропическо-бореальный вид, распространенный в теплых морях, из европейских – в Средиземном. Обитает по всему побережью Крыма, у берегов Карадага и Северного Кавказа, а также в Тилигульском лимане Черного моря [Герасимюк, Ковтун, 2007] (рис. 5-8: 20–21).

Neosynedra provincialis (Grunov) Williams et Round 1986. Морской, литоральный бентосный вид, тропическо-бореальный, широко распространен в теплых морях, из европейских морей – в Средиземном. Обнаружен в бентосе Балтийского моря на западном побережье Швеции [Dahl, Blanck, 1996]. Недавно встречен в бентосе Черного моря [Рябушко, 2006] (рис. 5-8: 22–23).

Таким образом, все новые для исследуемого района виды микроводорослей были отмечены только в бух. Золотой Рог на экспериментальных пластинах из различного материала с различными сроками экспозиции. Для перифитонных микроводорослей нами предложено использование варианта шкалы наличия–отсутствия признака вселенца, аналогичной таковой для макрообрастания. При этом добавлены два специфичных признака, характерных для микроводорослей перифитона: 1) нахождение вида одновременно в перифитоне и планктоне; 2) наличие покоящихся спор у популяции вида.

В результате соответствующего анализа установлено, что вероятность вселения 10 новых видов микроводорослей в российские воды Японского моря варьирует от 97,5 до 55 % (в среднем – 81,2 %). Общими для всех новых видов признаками оказались 1-, 2-, 6-, 7-, 8- и 9-й признаки статуса вселенца, остальные признаки (3, 4, 5, 10 и 11) были характерны для определенного вида (табл. 5-3).

Таким образом, проведенное нами исследование микроводорослей перифитона в зал. Петра Великого Японского моря в 2000–2001 гг. показало наличие десяти новых для российских вод Японского моря видов (рис. 5-8). Согласно полученным данным и учитывая литературные сведения об экологии, биологии и географии этих видов, следует вывод о возможности их вселения с балластными водами. Вероятность вселения этих видов согласно приводимой нами шкале веро-

**Вероятность статуса вселенца новых для российских вод Японского моря
видов микроводорослей перифитона**

Вид	Номер признака вероятности статуса вселенца	Итоговая вероятность статуса вселенца, %
<i>Gyrosigma tenuissimum</i>	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	97,5
<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	1,2,3,4,5,6,7,8,9	95
<i>Amphora caroliniana</i>	1,2,3,4,5,6,7,8,9	95
<i>Synedra toxoneides</i>	1,2,3,5,6,7,8,9	85
<i>Ardissonea crystallina</i>	1,2,4,5,6,7,8,9,11	82,5
<i>Diploneis chersonensis</i>	1,2,4,5,6,7,8,9,10	82,5
<i>Nitzschia vermicularis</i>	1,2,4,5,6,7,8,9	75
<i>Neosynedra provincialis</i>	1,2,3,6,7,8,9	75
<i>Falcula media</i> var. <i>subsalina</i>	1,2,3,6,7,8	70
<i>Pleurosigma clevei</i>	1,2,5,6,7,8	55

ятности основных признаков вселенцев перифитонных микроводорослей варьирует от 97,5 до 55 %.

Согласно схеме Л.А. Зенкевича [1940], среди десяти отмеченных нами диатомовых водорослей виды *A. crystallina*, *D. chersonensis*, *N. vermicularis* и *P. clevei* соответствуют статусу потенциальных вселенцев, находящихся на первой стадии внедрения и малозаметного развития. Остальные виды микроводорослей (*G. tenuissimum*, *N. hybrida* f. *hyalina*, *A. caroliniana*, *S. toxoneides*, *N. provincialis* и *F. media* var. *subsalina*) являются видами, находящимися на стадии бурного размножения (экологического «взрыва»). Возможно, их натурализации препятствует отсутствие естественных твердых субстратов в бухте, и они достигают массового развития лишь на антропогенных субстратах, что было характерно для макроформ гидробионтов [Звягинцев, 2005]. Учитывая микроскопические размеры и биологические особенности перифитонных микроводорослей, значение порога выхода на плато кривых «виды–площадь» может измениться на порядок, т.е. вероятность обнаружения вида-вселенца по сравнению с макрообрастанием значительно снижается. Для достоверности выявления статуса вселенца необходимы дальнейшие детальные флористические исследования как аборигенной флоры, так и флоры балластных вод и микрообрастания судов дальнего плавания. Пока же наши выводы в значительной степени гипотетичны, как, впрочем, большинство результатов нахождения видов-вселенцев.

5.3. О РОЛИ БУХТЫ ЗОЛОТОЙ РОГ В НАТУРАЛИЗАЦИИ ВСЕЛЕНЦЕВ

По мнению специалистов, экологическое состояние бух. Золотой Рог следует оценить как «катастрофическое». Она давно потеряла свое рыбохозяйственное, рекреационное и эстетическое значение. Для этой бухты зарегистрирован своеобразный рекорд превышения ПДК (41%), на порядок превосходящий соответству-

ющие показатели в наиболее загрязненных заливах Амурский и Находка [Огородникова, 2001]. В то же время Уссурийский залив занимает последнее место в ряду индексов превышения ПДК (0,3%). Таким образом, Владивостокская ТЭЦ-2 перекачивает миллионы кубометров воды из относительно чистого Уссурийского залива в «катастрофически» загрязненную бух. Золотой Рог со всеми вытекающими из этого губительными последствиями для населяющих эти воды гидробионтов. По мнению А.А. Огородниковой [2001], неудовлетворительная статистическая отчетность предприятий значительно занижает суммы ущерба. Попробуем коротко охарактеризовать экологическое состояние охлаждающих вод ВТЭЦ-2 по данным, любезно предоставленным промышленно-санитарной лабораторией станции.

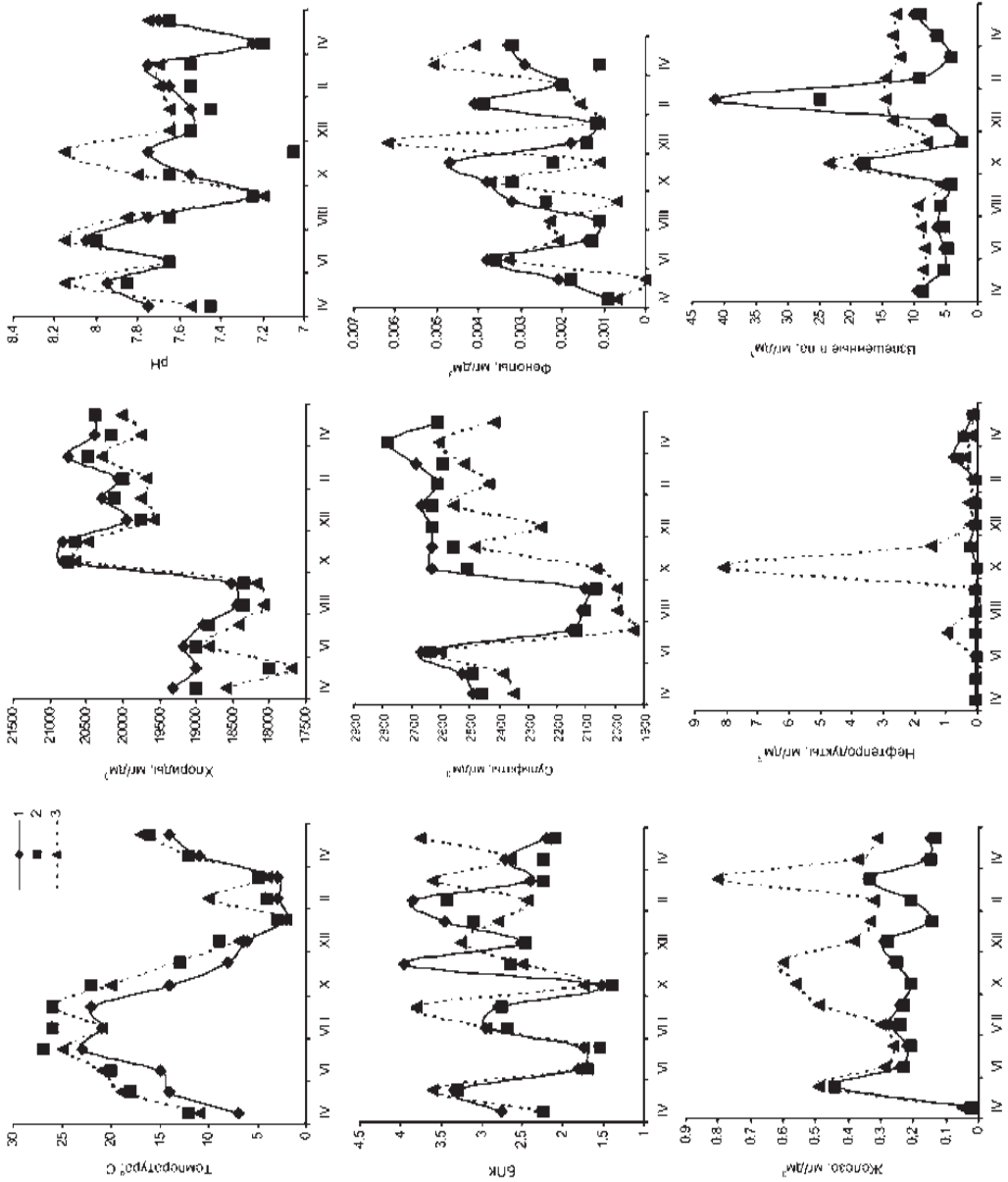
Изменение основных гидрохимических показателей воды до и после прохождения системы охлаждения ВТЭЦ-2 в течение 2001 и 2002 гг. показано на рис. 5-9. В нашем случае наблюдается стандартное повышение температуры для термальных сбросов электростанций Европы сбросных вод в среднем на 5–6 °С, февральский пик температуры в р. Объяснения был вызван, очевидно, сбросом подогретых вод других предприятий. Видимо, такое повышение температуры оказалось достаточным для принципиального изменения структуры сообщества обрастания в сбросном канале и р. Объяснения, а также почти полного отсутствия в нем разноногих раков. Очень немногие из них встречены и в обрастании пластин разного срока экспозиции в бух. Золотой Рог в отличие от таковых в водозаборном ковше и на объектах системы охлаждения до нагрева воды.

При оценке гидрохимических показателей нами использованы значения ПДК (по: [Огородникова и др., 1997] с. 443). Содержание хлоридов в сбросных водах в апреле–июне значительно ниже, чем в водозаборном ковше. С августа значения этого показателя в трех точках выравниваются при общей тенденции к возрастанию до 21 мг/дм³, стабилизируясь зимой. При этом прослеживается снижение содержания хлоридов после прохождения системы охлаждения.

Значение рН в водозаборном ковше в весенне-летние месяцы в основном колеблется в пределах нормы (7,8–8,2), в дальнейшем несколько снижаясь. В течение всего года значение рН в р. Объяснения несколько превышало этот показатель в водозаборном ковше, в ноябре отмечено его резкое снижение в сбросном канале. Значения БПК в трех точках с апреля по сентябрь практически совпадают, далее наблюдается чередование их пиков без определенной закономерности. Этот показатель характеризует уровень загрязнения воды органическими веществами метаболического происхождения и определяется интенсивностью дыхания и роста (т.е. жизнедеятельностью) микроорганизмов, потребляющих эти вещества, и свидетельствует о потенциальной способности сточных вод истощать запасы кислорода в водоеме, куда они поступают [Христофорова и др., 2001].

Концентрация нефтепродуктов, или нефтеуглеводородов (НУ), уже в водозаборном ковше относительно чистого Уссурийского залива в ноябре 2000 г., а также в марте и апреле 2001 г. на порядок превышала ПДК. Это можно объяснить близостью рейдовой стоянки судов. Концентрация НУ в сбросном канале на территории станции принципиально не отличается, однако в р. Объяснения отмечены очень высокие значения этого показателя, на несколько порядков превышающие ПДК. Вполне возможно, что это промышленные сбросы других предприятий. Концентрация синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) превышает ПДК в среднем в 5 раз как в водозаборном ковше, так и в сбросном кана-

Рис. 5-9. Изменение основных гидрохимических показателей воды до и после прохождения системы охлаждения ВТЭЦ-2 в течение года. Условные обозначения: 1 – водозабор, бух. Сухопутно-морской воды на территории станции; 3 – р. Объяснения за территорией станции. По осям абсцисс: месяцы, апрель–декабрь 2001 г. и январь–май 2002 г.; по осям ординат – значения гидрохимических показателей



ле станции, а взвешенных веществ – в основном колеблется в пределах нормы, и лишь в феврале ее значение значительно возрастает в водозаборном ковше. Данный показатель у железа колеблется также в допустимых пределах, при этом прослеживается тенденция к его увеличению после прохождения системы охлаждения станции. Это вполне объяснимо как результат прохождения воды через стальные трубы. В распределении сульфатов, напротив, отмечено снижение их концентрации после прохождения системы охлаждения, а содержание фенолов в несколько раз превышает ПДК во всех трех точках.

Таким образом, значительной разницы в гидрохимических показателях воды до и после прохождения системы охлаждения ВТЭЦ-2 не отмечено, некоторые из них даже снижены. Исключение составляет нефтяное загрязнение, которое может быть вызвано сбросом других предприятий.

Термальное загрязнение, постоянно наблюдаемое в сбросных водах ВТЭЦ-2, определенным образом влияет на условия существования флоры и фауны бух. Золотой Рог. Попадание в море нагретых водных масс приводит к повышению температуры природных вод в районе сброса, уменьшению их насыщенности кислородом, понижению вязкости, смещению гидрологических сезонов в поверхностных слоях (ненормальному удлинению гидрологического лета). Эти изменения способствуют застойности вод, интенсивному осадкообразованию, изменению гидродинамики водных масс. Воздействие термального загрязнения на биоту может быть самым разнообразным. Так, нагрев природных вод на 4–6°, а летом иногда всего на 1 °С может привести к гибели ряда stenothermных организмов, подавлению размножения многих видов, изменению состава сообществ за счет видов-интродуцентов, изменению биологических характеристик местной флоры и фауны – обмена веществ, формообразования у колониальных животных, поведения, питания [Милейковский, 1977].

Таким образом, большое значение в появлении видов-интродуцентов в зал. Петра Великого имеет бух. Золотой Рог, подверженная термальному загрязнению ВТЭЦ-2. Этот факт подтверждается также последними гидрологическими данными [Лучин и др., 2007]. Авторами проведен сравнительный анализ пространственного распределения температуры воды в этой бухте за периоды до сдачи в эксплуатацию ВТЭЦ-2 (до 1971 г.) и после начала работы большинства котлоагрегатов (с 1980 по 2002 г.), показавший, что температурный режим в бухте существенно изменился.

Для периода до 1971 г. в апреле наиболее высокая температура воды на поверхности бух. Золотой Рог (3°С) была характерна для ее мористой части (рис. 5-10). По мере продвижения к кутовой части бухты с уменьшением глубины температура воды существенно снижалась, достигая минимальных значений вблизи устья р. Объяснения (2,3°С). Совершенно иная картина распределения температуры воды наблюдается по данным более поздних наблюдений – после 1979 г. Максимальные значения температуры воды отмечены в районе устья р. Объяснения (6,5°С), в направлении к выходу из бухты температура снижается до 2,5°С. Как видно из рис. 5-10, антропогенное воздействие ВТЭЦ-2 наиболее ярко проявляется в кутовой части бухты, где температура воды в апреле выросла на 4,2 °С. Однако в центральной части бухты это воздействие выражено менее ярко, и на входе в бух. Золотой Рог термальное загрязнение воды станцией не зарегистрировано. 44-й причал расположен в непосредственной близости от устья

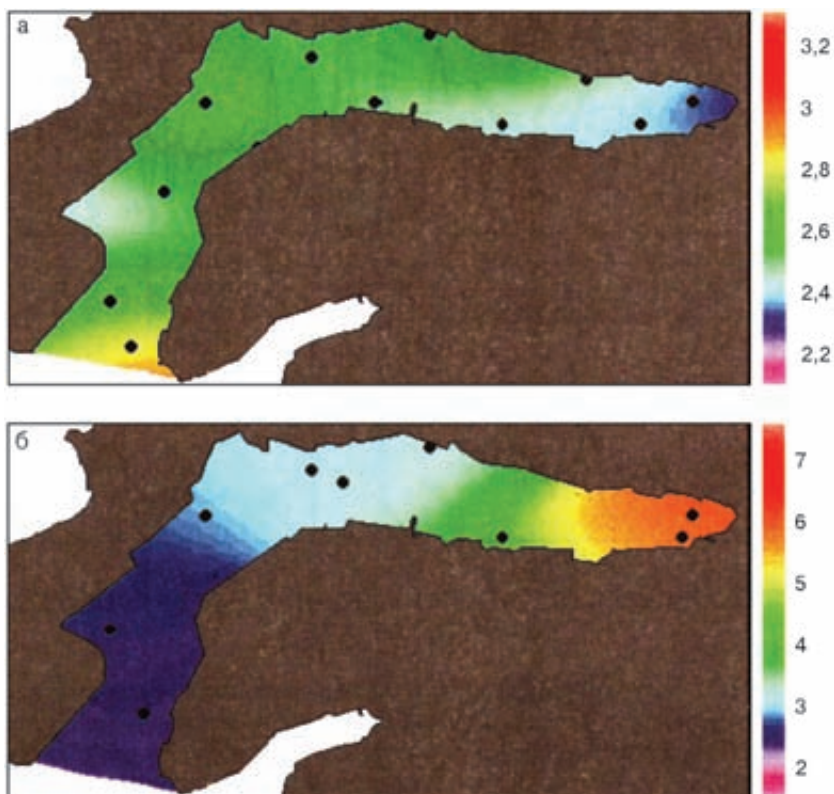


Рис. 5-10. Пространственное распределение температуры воды (°C) в апреле на поверхности бух. Золотой Рог: а – за период 1968-1970 гг.; б – за период 1980-2002 гг. (по: [Лучин и др., 2007])

р. Объяснения, и воздействие подогретых вод ВТЭЦ-2 распространилось на установленные нами экспериментальные пластины, в обрастании которых доминировали виды-интродуценты.

Из всего сказанного выше можно сделать несколько выводов. Нахождение Японского моря на границе двух биогеографических областей с разным температурным режимом способствует процессу естественного расселения видов. Список видов-интродуцентов в российских водах Японского моря, представленный специалистами ИБМ ДВО РАН в объединенной базе данных NISIS, в настоящее время насчитывает 63 вида. Ряд этих видов обнаружен в системе охлаждения ВТЭЦ-2 и прилегающих к ней акваториях. Это 1 вид асцидий, 2 вида усоногих раков, 1 вид разноногих раков, 3 вида заднежаберных моллюсков и 10 видов диатомовых микроводорослей перифитона. Вероятность статуса вселенца для животных колеблется в пределах 30–100 %, для микроводорослей соответственно – 55–97,5 %. Следовательно, в появлении видов-интродуцентов в зал. Петра Великого большое значение имеет бух. Золотой Рог, подверженная термальному загрязнению ВТЭЦ-2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог вышеизложенному, попытаемся дать объективную оценку проделанной работе: достигнута ли ее цель, в какой степени выполнены поставленные задачи, каковы перспективы дальнейших исследований. Нами приложены все усилия к тому, чтобы эта книга не была похожа на сборник статей, а представляла бы собой единое целое, обобщение по проблеме морских экосистем водоемов-охладителей энергетических станций. На наш взгляд, основная цель исследования достигнута. Представленная на суд читателя книга в достаточной мере содержит информацию о таких морских экосистемах. Работы такого уровня в доступной отечественной и иностранной литературе нам неизвестны.

Что же представляет собой морская экосистема водоема-охладителя? Начнем с определения. Экосистема, или экологическая система (от греч. *oikos* – жилище, местопребывание и система) – природный комплекс, образованный живыми организмами (биоценоз) и средой их обитания (биотоп), связанными между собой обменом веществ и энергии. Это одно из основных понятий экологии [Риклефс, 1979]. Несмотря на то что экосистема – самая важная экологическая единица, сам термин вошел в употребление лишь в 1935 г. Он был предложен английским ботаником А.Г. Тэнсли [Tansley, 1935], который писал, что «в экосистему входит не только комплекс организмов, но и весь комплекс физических факторов..., местообитания в самом широком смысле слова. Мы не можем отделить организмы от особой среды, в сочетании с которой они образуют некую физическую систему». Этот термин был принят всеми последующими исследователями и лишь в небольшой степени изменялся или к нему что-то добавлялось. В нашем случае мы имеем дело с особым вариантом этого понятия – антропогенной экосистемой, отличающейся от природной целым рядом признаков. Основная часть таких признаков освещена в этой книге. Чем же отличается антропогенная экосистема от природной? Человек в конкурентной борьбе за выживание в природной окружающей среде начал строить свои собственные искусственные экосистемы. На современном этапе он для удовлетворения своих все возрастающих потребностей вынужден изменять природные экосистемы и даже разрушать их, обычно и не желая этого.

Опираясь на энергетические особенности существующих систем, Ю. Одум [1986] предложил их классификацию, приняв энергию за основу, и выделил четыре фундаментальных типа экосистем:

1. Природные, движимые Солнцем, несубсидируемые.
2. Природные, движимые Солнцем, субсидируемые другими естественными источниками.
3. Движимые Солнцем и субсидируемые человеком.
4. Индустриально-городские, движимые топливом (ископаемым, другим органическим или ядерным).

Эта классификация, основанная на свойства среды, принципиально отличается от биомной, базирующейся на структуре экосистем, так как она основана на свойствах среды. Тем не менее, она хорошо дополняет ее. Первые два типа – это природные экосистемы, а третий и четвертый следует отнести к *антропогенным*. Морские экосистемы водоемов-охладителей энергетических станций относятся в равной степени к третьему и четвертому типам экосистем. В то же время автором отмечено, что экосистемы двух последних типов не могут существовать без природных систем, в то время как природные экосистемы могут существовать без антропогенных.

На первый взгляд, система охлаждения таких предприятий достаточно проста, аналогична двигателю автомобиля. Так, в настоящее время в эксплуатации встречаются жидкостные системы охлаждения двигателя автомобиля двух типов: открытая и закрытая. Первая рассчитана на использование в качестве охлаждающей жидкости воды и постепенно выходит из употребления. Современные моторы имеют закрытую систему с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости, чаще – антифриза, обеспечиваемой центробежным насосом. При охлаждении двигателей станций происходят аналогичные процессы, разве что отличающиеся несравненно большим объемом охлаждающей воды и размерами двигателей. Однако в системе охлаждения энергетических станций имеются принципиальные отличия.

Используемая для охлаждения морская вода, в отличие от антифриза, содержит многие миллионы особей зоопланктона, личинки донных беспозвоночных, икру и личинок рыб, а также микроводоросли фитопланктона. При этом личинки прикрепленных форм (обрастателей) находят самые благоприятные условия существования в однонаправленном, насыщенном кислородом потоке воды и удобные субстраты, оседают на них и при повышенном темпе роста всего за месяц могут образовывать стопроцентное покрытие поверхности. За 6 месяцев биомасса обрастания достигает 10 кг/м². Во время массового оседания обрастания защитная сетка водозабора диаметром 10 мм полностью зарастет усоногими раками и мидиями всего за 2,5–3 месяца. Это – начало очень серьезной проблемы, напоминающей тромбоз артерии с последующим инсультом у человека. Только здесь происходит закупорка приемного патрубка водозабора и всей системы трубопроводов, что вызывает катастрофу и остановку станции. Это может предотвратить периодическая механическая очистка зарастающих объектов. Экономические потери при этом не поддаются оценке, не говоря уже об отключениях электричества, остановке транспорта и прочих неудобствах для населения. Таким образом, первая и наиболее важная проблема, возникающая при эксплуатации систем охлаждения промышленных предприятий – это обрастание и вызываемые им биопомехи эксплуатации этих систем.

Вторая проблема – воздействие сбросных отработанных вод после прохождения систем охлаждения на прибрежные водные экосистемы, прежде всего это действие термального загрязнения. Здесь мы сталкиваемся с проблемой морских биоинвазий – вселением и акклиматизацией в подогретых водах экзотических видов, не способных прижиться в других акваториях данного региона. Морские биоинвазии имеют несомненное фундаментальное значение и прямое отношение

к изменению биоразнообразия. В то же время акклиматизация вселенцев может привести к экономическим потерям (см. главу 5). При прохождении через трубопроводы системы охлаждения могут происходить механическое повреждение и гибель планктонных организмов, что также весьма нежелательно для нормального функционирования экосистемы. Все эти проблемы могут быть успешно решены только после проведения фундаментальных исследований процессов, происходящих в системе охлаждения станции. Именно таким исследованиям посвящена настоящая монография. Большая часть приведенной в ней информации основана на собственных данных, что-то взято из литературных источников.

Первой и наиболее важной задачей исследования было установление таксономического состава гидробионтов в системе охлаждения и прилегающих акваториях в районе ВТЭЦ-2. Без проведения таксономической идентификации дальнейшие исследования сообществ обрастания и пелагиали, установление характеристик количественного обилия и закономерностей формирования этих сообществ практически невозможны. Если учитывать только макрообрастание (включая экспериментальные пластины), то в его составе на всех обследованных объектах системы охлаждения ВТЭЦ-2 зарегистрировано 117 видов гидробионтов, из которых 10 – водоросли (прил. 1, табл. 19). По числу видов доминируют разноногие раки (23), далее следуют двустворчатые моллюски (22) и многощетинковые черви (18 видов). Иголкокожих встречено 8 видов, красных водорослей, равноногих раков и брюхоногих моллюсков – по 6, усоногих и десятиногих раков – по 5, кишечнополостных – 4 вида. Остальные группы представлены 1–2 видами (Звягинцев, 2005). Кроме того, в исследованной морской экосистеме было идентифицировано от нескольких десятков до сотни видов микроводорослей фитопланктона и перифитона, зоопланктона, мейофауны обрастания. Списки этих видов приведены в соответствующих главах. Все определения были проведены в подавляющем большинстве случаев до вида высококвалифицированными специалистами, их фамилии и места работы приведены во Введении.

Попытаемся обобщить результаты наших исследований обрастания системы охлаждения ВТЭЦ-2. Число видов-обрастателей ГТС распределено неравномерно, максимальное их количество найдено в сообществах обрастания наиболее «гидродинамически активных» объектов с обычной температурой воды – тоннелей 1 и 2. Сообщества обрастания ГТС водозаборного ковша не имеют принципиальных отличий от многолетних сообществ обрастания причальных сооружений, а также макробентоса твердых грунтов в зал. Петра Великого [Звягинцев, 2005]. Такие климаксные сообщества имеют сходные количественные показатели и доминируют в них одни и те же виды – мидия Грея, модиолус, гигантская устрица, баланус *B. rostratus*, асцидия *S. clava*. Заметные изменения после системы охлаждения, по сравнению с системой водозабора, наблюдались во всех общих количественных характеристиках, однако статистически значимым оказался лишь рост биомассы.

В водозаборных тоннелях сообщество обрастания не достигает климакса вследствие периодического частичного или полного его разрушения термообработкой. В нижней части тоннелей доминирует тихоокеанская мидия, в верхней – усоногие и разноногие раки. Динамика таких сообществ аналогична годовому циклу литоральных сообществ уничтожаемых льдом зимой.

В сбросном канале вследствие значительного повышения воды тихоокеанская мидия не выживает, ее сменяет более тепловодный вид *C. gigas*. Своеобразный субтропический оазис жизни антропогенного типа.

Изучение роли гидродинамического искажения потока в распределении массовых видов-обрастателей в условиях водозаборного тоннеля также позволило сделать ряд интересных выводов. Так, сопоставление схемы движения воды и биомасс доминантных и субдоминантных субстратообразующих видов на днище и стенках тоннеля показывает, что эти животные достигают максимального обилия в областях, существенно отличающихся по гидродинамическим условиям. При этом разные виды прикрепленных или ведущих оседлый образ жизни животных существенно дифференцированы по отношению к физическим условиям, создаваемым в тоннеле движущейся водой. Прикрепление личинок, например циприсов *B. amphitrite*, вдоль пластин сильно коррелировало с градиентом касательного напряжения. Прикрепившийся организм увеличивает шероховатость поверхности и начинает оказывать влияние на микроструктуру набегающего потока, которое усиливается с его ростом и увеличением размеров. Поэтому вероятность оседания вблизи него должна возрастать, что ведет к увеличению плотности поселения и как следствие – степени агрегированности. В свою очередь, это еще в большей степени интенсифицирует микромасштабную турбулентность и соответственно увеличивает благоприятность условий для поселения и существования здесь гидробионтов. Таким образом, малые начальные изменения среды могут привести, в конечном итоге, к значительным последствиям, которые выражаются в нашем случае в пятнистости распределения донного населения.

Формирование определенного типа сообщества на естественном и антропогенном субстрате – результат лишь сходства внешних условий и обстоятельств. На основании наших данных возможны общетеоретические виды. Вслед за А.А. Протасовым [1994] было бы логично делить донных животных на бентос (рыхлые грунты) и перифитон или что-то в этом роде (твердые субстраты) – здесь как раз «функциональные» различия налицо. При этом стационарные гидротехнические сооружения представляют собой своеобразный экотон (опушка леса у фитоценологов) антропоали и бентали, функцию такой переходной зоны обуславливают многолетняя эксплуатация этих объектов и их непосредственный контакт с бенталью.

Впервые нами изучена роль мейофауны в обрастании систем охлаждения ТЭС. Плотность поселений мейофауны в целом на два-три порядка превышает таковую макробентоса, а биомасса, особенно на больших глубинах, сопоставима с биомассой макробентических форм. В большинстве современных трудов, посвященных морскому обрастанию, о мейофауне нет сведений вообще.

В обрастании системы охлаждения ВТЭЦ-2 зарегистрированы все основные группы мейофауны, таксономический состав и количественные показатели которой сильно варьировали в зависимости от субстрата и конкретного объекта исследуемого гидротехнического сооружения. Среди групп эмейофауны доминировали в основном фораминиферы, гарпактициды и нематоды, а среди псевдомейофауны – разноногие ракообразные и двустворчатые моллюски. При этом плотность поселений псевдомейобентоса не связана статистически значимо с

общей биомассой макрообрастателей. В книге приведено детальное описание сообществ мейофауны, их состав и количественное распределение по объектам системы охлаждения. Нами показано, что представители отдельных групп мейофауны «тяготеют» к областям массового развития макрообрастания. Отмечено достоверное различие значений нематодно-копеподного соотношения в обрастании объектов водозабора и сбросного канала, причиной данного явления может служить термальное загрязнение.

Приуроченность мейобентоса к сообществам макрообрастания ГТС выявлена нами на примере нематод, которых обнаружено 62 вида. Среди этих видов преобладали приазиатские низкобореальные, в трофическом отношении примерно равный вклад вносили хищники и соскабливатели, по отношению к субстрату преобладали виды, встречающиеся на илах и песках, по отношению к солености – морские стеногалинные виды.

На основании кластерного анализа по численности нематод собранные пробы могут быть объединены в 8 групп на уровне сходства около 40 %, проведено детальное сравнение этих групп. Выделенные группы следует рассматривать в качестве таксоценов, под этим термином мы понимаем совокупность видов, чье распределение коррелирует друг с другом и имеет на данном участке дна определенные количественные показатели. Как и у организмов-макрообрастателей, общие характеристики обилия и разнообразия нематод в пробах часто статистически значимо коррелируют между собой. «Независимость» нематод от организмов макрообрастания прослеживается и на качественном уровне при сопоставлении приуроченности их таксоценов к сообществам макрообрастания.

Всего в системе водоснабжения найдено 56 видов нематод, а в системе водоотведения – 21, из них 15 общих. В качественном отношении после прохождения системы охлаждения в фауне нематод, по сравнению с ГТС ковша и тоннелем, произошли следующие изменения. Исчезли избирательные детритофаги и резко возросла доля хищных форм. На фоне сохранения доминирования приазиатских низкобореальных видов сократилось разнообразие биогеографических группировок. При снижении разнообразия видов в отношении субстрата выросли доли нематод, предпочитающих илистые, песчаные и илисто-песчаные грунты. Снизилась доля морских стеногалинных и возросла доля эвригалинных видов. Все это хорошо согласуется с влиянием на сообщество нематод термального загрязнения.

Нами не выявлено отчетливой приуроченности таксоценов нематод к конкретным сообществам макрообрастания, но часто количественные характеристики поселений нематод коррелировали с общей биомассой и плотностью макроформ, особенно при действии жестких внешних факторов. Яркий пример – скоррелированность обилия и разнообразия нематод и макрообрастателей в водозаборном тоннеле в целом и на его отдельных топических подразделениях.

Нематоды являются весьма эврибионтными животными. Наши данные подтвердили тот факт, что под влиянием загрязнения и других стрессовых воздействий происходит перераспределение доминант: в сообществе начинают преобладать несколько толерантных видов, достигающих аномально высокой численности, тогда как более чувствительные становятся редкими и исчезают. В обра-

станции обитают нематоды всех типов питания. Рост доли хищников в сбросном канале и р. Объяснения в общем-то понятен – такие формы более эврибионтны. Исчезновение детритофагов после прохождения водой системы охлаждения можно объяснить на основе применения так называемого индекса зрелости сообщества (*MI*). По набору и соотношению видов каждый биотоп (или проба) может получить свое значение индекса зрелости нематодного населения. В изменении этого индекса находят выражение такие изменения среды, как загрязнение, высушивание, эвтрофикация, анаэробные условия, физические нарушения, увеличение солёности, изменение температурного режима, ускорение процессов разложения органического материала. Нами показано, что если на сообщество нематод действуют поллютанты или нарушения среды, виды г-стратеги оказываются относительно более толерантными, в противоположность К-стратегам.

Сообщества обрастания, как и любые другие сообщества, можно понять только в их развитии. Процесс формирования сообществ обрастания характеризуется оседанием личинок прикрепленных организмов на субстрат с последующим возрастанием биомассы и плотности поселений видов в формирующемся сообществе. В отличие от обрастания для планктонных сообществ характерны биологические сезоны разной продолжительности и соответственно, сезонная сукцессия в зонах с различной термической структурой вод.

Сравнение полученных результатов мониторинга фитопланктона фонового (бух. Сухопутная) и импактного (бух. Золотой Рог) районов показало их значительные отличия в течение всего периода исследования. Сезонная динамика фитопланктона бух. Золотой Рог в целом соответствовала наиболее загрязненным высокоэвтрофным прибрежным морским акваториям, а отмеченные здесь особенности в развитии фитопланктона во многом являются следствием гиперэвтрофирования и термального загрязнения вод этой акватории. Стабильность водной толщи, наряду с гиперэвтрофированием, способствует «цветению» микроводорослей в течение всего года. В результате в бух. Золотой Рог прослеживается увеличение общей плотности фитопланктона и количества пиков развития микроводорослей по сравнению с фоновым районом. Разнообразие доминирующих видов фитопланктона, среди которых преобладают эвгленовые водоросли, заметно больше, чем в бух. Сухопутная, а снижение видового разнообразия фитопланктона в весенний период обусловлено преимущественно «цветением» эвгленовой водоросли *E. gymnastica*.

Изучение сезонной динамики оседания перифитона на пластины показало следующее. Абсолютная и относительная плотность планктонных форм диатомовых водорослей и их покоящихся стадий в бух. Золотой Рог была значительно выше, чем в бух. Сухопутная. В целом в перифитоне бух. Сухопутная преобладали бентосные и бентосно-планктонные формы, а в бух. Золотой Рог значительную часть исследуемого периода доминировали планктонные формы и их покоящиеся клетки, преимущественно *S. costatum*. Сходство видового состава ассоциаций (сообществ) микроводорослей перифитона, сформировавшихся на пластинах в течение 15 суток в разные календарные сроки, обычно было невелико. Для пластин из бух. Сухопутная отчетливо проявлялась тенденция к увеличению уровня сходства сообществ «соседних» сроков опробования. В бух. Золотой Рог эта тенденция

явно нарушена, и относительно высокое сходство видового состава наблюдалось у «случайно» взятых сообществ, например, середины июля и начала октября, начала августа и середины ноября.

При изучении формирования сообществ перифитона оказалось, что в эпибиозах существенно меньше подвижных и фитопланктонных и больше прикрепленных и бентосных видов, чем в перифитоне экспериментальных пластин. Сходство видового состава ассоциаций (сообществ) диатомовых водорослей эпибиозов макрообрастания, сформировавшихся на пластинах в течение разного времени экспозиции, обычно также было невелико. Для эпибиозов бух. Сухопутная отчетливо проявлялась тенденция к увеличению уровня сходства сообществ «соседних» сроков опробования. В бух. Золотой Рог эта тенденция явно нарушена, и относительно высокое сходство наблюдалось у «случайно» взятых сообществ, например, середины июля и конца октября – начала ноября, середины августа и начала ноября. При этом сообщества диатомовых водорослей одного и того же срока развития, но разных акваторий в целом были похожи меньше, чем ассоциации «соседних» сроков в бух. Сухопутная или «случайно взятых» – в бух. Золотой Рог. Сообщества, возникающие и развивающиеся в течение 15 суток, по видовому составу были очень мало похожи друг на друга, и в период почти каждого нового срока экспозиции пластин появлялась новая оригинальная «композиция» микроводорослей. Следовательно, на двух исследованных акваториях немногим менее чем за полгода в перифитоне и эпибиозах визуализированы более 40 комбинаций (сообществ, ассоциаций) видов этих организмов.

Таким образом, исследование динамики оседания и формирования сообществ перифитона в эпибиозах показало существенное различие показателей микроводорослей в двух сравниваемых акваториях.

Аналогичные выводы следуют при знакомстве с сезонной динамикой голопланктона. Среднегодовая плотность веслоногих ракообразных в бух. Золотой Рог была почти в 2 раза ниже, чем в бух. Сухопутная. Следует подчеркнуть, что периоды присутствия в планктоне многих тепловодных видов в бух. Золотой Рог по сравнению с бух. Сухопутная, заметно продолжительней и/или смещены в направлении холодного времени года. Наоборот, у ряда холодноводных видов сроки нахождения в планктоне в бух. Золотой Рог сокращены относительно бух. Сухопутная и/или смещены на более раннее время. Изменение сроков пребывания в планктоне холодноводных и тепловодных видов в бух. Золотой Рог, очевидно, следствие нарушения теплового режима вод этой акватории. Экстремальное загрязнение бух. Золотой Рог – одна из главных причин снижения здесь численности веслоногих ракообразных по сравнению с более чистой бух. Сухопутная.

В бух. Золотой Рог антропогенное загрязнение портовых вод стимулирует развитие специфических сообществ обрастания, характеризующихся высокой биомассой и ограниченным набором эврибионтных видов. В таксономическом составе обрастания из двух сравниваемых районов имеются существенные отличия. Так, на пластинах из Уссурийского залива зарегистрировано примерно вдвое большее число видов, чем в бух. Золотой Рог, что обычно характерно для более чистых вод. Существенно отличается и меропланктон в двух исследуемых райо-

нах: при почти равном числе таксонов плотность личинок в районе 44-го причала более чем в 4 раза превышала таковую в ковше ВТЭЦ. Причем если в ковше доминирующими группами в планктоне являлись полихеты и двустворчатые моллюски, то у 44-го причала преобладали усонogie раки, главным образом *B. crenatus*. Отсутствие явной положительной корреляции между динамикой личинок и оседанием молодежи фонообразующих видов в ряде случаев, по-видимому, является следствием того, что в планктонных пробах учитывали личинки как на стадиях, предшествующих оседанию, так и на более ранних стадиях, что могло создавать значительный временной сдвиг (до двух недель) между максимумами личинок и осевшей молодежи. Это также подтверждает различие условий существования и биологических циклов обрастателей в Уссурийском заливе и в бух. Золотой Рог.

Динамика оседания мейофауны на пластины, экспонировавшиеся в водозаборном ковше, кардинально отличается от этого процесса в бух. Золотой Рог. Так, здесь отсутствует июльский пик оседания молодежи мидий, однако гарпактициды начинают оседать раньше, уже в начале июня. Факт предпочтения разными группами мейофауны разных субстратов из макрообрастания подтверждает различия условий существования и биологических циклов гидробионтов в Уссурийском заливе и бух. Золотой Рог. Один из видов нематод – *O. ramosum*, обнаруженный в обрастании пластин в этой бухте, является индикатором антропогенного загрязнения. Таким образом, антропогенное загрязнение портовых вод стимулирует развитие специфических сообществ обрастания, переориентированных в сторону определенных групп мейо- и макрообрастания.

При исследовании нами аллозимной изменчивости 15 полиморфных локусов в двух локальных поселениях тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* из сильно (бух. Золотой Рог) и слабо (бух. Сухопутная) загрязненных районов зал. Петра Великого [Никифоров, Звягинцев, 2008] выявлено следующее. Между выборками обнаружены статистически значимые различия генотипических частот в 9 локусах и аллельных частот в 6 локусах. Полученные результаты свидетельствуют о дифференцированном выживании особей, имеющих разные генотипы и аллели, в некоторых исследованных локусах в условиях загрязнения и не противоречат гипотезе об адаптивной значимости аллозимного полиморфизма.

По данным администрации Владивостокской ТЭЦ-2, объем сбрасываемой воды из системы охлаждения электростанции колеблется в пределах 18793–22546 тыс. м³ в месяц, в результате чего происходит повышение температуры сбросных вод в среднем на 5–6°C. При сбросе в море нагретых вод из системы охлаждения теплоэлектростанций стимулируется либо подавляется развитие ряда видов гидробионтов. Нагрев природных вод на 4–6°C, а летом иногда всего на 1°C приводит к гибели ряда stenothermных видов и подавлению размножения местных форм. Термальное загрязнение может, в частности, способствовать процессу акклиматизации экзотов. В результате этого акватория бух. Золотой Рог становится промежуточной ступенью для интродукции и акклиматизации тропических видов.

Результаты предыдущего исследования показали, что в бух. Золотой Рог в теплое время года существует популяция тепловодного усоногого рака-интродукента

Amphibalanus amphitrite, приуроченная к антропогенным субстратам – гидротехническим сооружениям, судам на приколе и действующим судам прибрежного плавания [Звягинцев, Корн, 2003]. Взрослые особи этого вида, занесенные судами дальнего плавания в благоприятный сезон, продуцируют личинки, которые развиваются в планктоне и затем оседают на субстрат. Далее эти особи представляют собой псевдомейофауну до момента достижения ими соответствующего размера. Молодь успевает достигнуть половозрелости и произвести собственное потомство, но чаще всего погибает при зимнем понижении температуры воды. В бух. Золотой Рог личинки *A. amphitrite* встречаются с августа по октябрь, достигая в сентябре плотности более 500 экз./м³, в то время как в Уссурийском заливе они наблюдаются единично, а оседания этого вида не обнаружено.

В бух. Золотой Рог в обрастании как 15-суточных пластин, так и нарастающего срока экспозиции отмечена тепловодная одиночная асцидия *Molgula manhattensis*. Впервые здесь она зарегистрирована в 1999 г. [Zvyagintsev et al., 2003]. Отмечена молодь асцидий на пластинах из бух. Золотой Рог также в составе мейофауны. Всего за 4–5 месяцев экспозиции пластин *M. manhattensis* становится доминирующим видом, достигая «асцидиевого климакса», характерного для многолетних сообществ обрастания и бентоса в зал. Петра Великого.

В обрастании пластин в бух. Золотой Рог встречена также амфипода *Corophium acherusicum*, которая и ранее была отмечена лишь в составе сообществ обрастания [Зевина и др., 1975]. Наши данные свидетельствуют о продолжающемся процессе натурализации *C. acherusicum* в условиях термального загрязнения [Звягинцев, Будникова, 2003]. Здесь же отмечен ряд видов-вселенцев, находящиеся на разных стадиях акклиматизации (см. главу 5).

Если до середины XX века основным посредником проникновения водных организмов в новые экосистемы было обрастание подводной части судов, то впоследствии, с широким внедрением противообрастающих покрытий, а также развитием танкерного и балкерного флота, им стал водяной балласт судов [Alexandrov, Zaitsev, 2000]. В 1999 г. при содействии ИМО, Глобального экологического фонда (GEF) и Программы развития ООН (UNDP) была учреждена Международная научно-практическая программа «Снятие барьеров на пути эффективной реализации мер по контролю водяного балласта судов и управлению им в развивающихся странах» (Программа «ГлоБалласт»). Главной целью программы была определена организация демонстрационных центров для отработки вариантов правовых, организационных, технических и технологических аспектов решения проблемы предупреждения биологических инвазий с водным транспортом. Для создания центров было отобрано и утверждено 6 стран с соответствующими портами: Бразилия (Сепетиба), Индия (Мумбай), Иран (о-в Харк), Китай (Далянь), Украина (Одесса) и Южно-Африканская Республика (Салдандья) [Александров, 2003].

Существует богатый мировой опыт по обработке балластных вод с целью их контроля, управления и обеззараживания для сведения к минимуму переноса вредных организмов и патогенов. Если балластные воды можно как-то обработать либо просто слить и заменить перед заходом в порт, то уничтожить обрастание перед каждым заходом в порт нереально. Как показал наш опыт, все осмотрен-

ные 600 судов в северо-западной части Тихого океана оказались в разной степени обросшими, т.е. существующие методы защиты от обрастания далеко не совершенны [Звягинцев, 2005]. Таким образом, проблема интродукции экзотических видов судовым обрастанием гораздо более актуальна, чем занос этих видов с балластными водами. Естественно, это не имеет отношения к фито- и зоопланктону, которые могут расселяться только балластными водами (за исключением разноса течениями). В то же время представители мейофауны могут попасть в балластные танки судов и быть интродуцированными в любой район Мирового океана.

Нахождение Японского моря на границе двух биогеографических областей с разным температурным режимом способствует процессу расселения видов. В северо-западной части моря могут совместно обитать как широкобореальные, так субтропические и субтропическо-низкобореальные виды. В зал. Петра Великого эти противоречия выражены наиболее ярко. После создания нефтяного терминала в п. Козьмино этого залива неизбежно возникнет проблема интродукции экзотических видов с помощью балластных вод и обрастания танкеров. Натурализация таких видов может вызвать глобальные перемены в донных и пелагических сообществах с непредсказуемыми последствиями. Все это в равной степени может быть отнесено как к макро-, так и к мейообрастанию. Так, псевдомейофауна безусловно предшествует макрофауне обрастания по достижении размера 1 мм.

Полученные нами данные могут быть использованы для разработки практических рекомендаций по защите от обрастания систем охлаждения промышленных предприятий в исследуемом районе. На основании полученных нами данных термообработка водозаборных тоннелей ВТЭЦ-2, проводимая с 1987 г. в июне, июле и августе, недостаточно эффективна, так как оседание мидий продолжается и после нее – в сентябре-ноябре.

Попытаемся подвести итог проведенным исследованиям и наметить возможные перспективы деятельности в этом направлении. Нами изучены экосистемы водоемов-охладителей энергетических станций, использующих для охлаждения морскую воду, на примере доступной нам для исследования ВТЭЦ-2. Для общего представления о проблеме во Введении приведен обзор работ специалистов мирового уровня, посвященных гидробиологическим исследованиям систем охлаждения промышленных предприятий морской водой. В России (бывшем СССР) таких работ известно крайне мало. Так, для российского побережья Японского моря известна лишь одна работа Н.И. Тарасова [1961], опубликованная около полувека тому назад. Статья содержит информацию только о составе и количественном распределении обрастания двух энергетических станций, конкретное местоположение которых, к сожалению, автор не указывает.

Гидробиологические исследования Новороссийской ГРЭС носят преимущественно прикладной характер и посвящены оригинальному водозабору закрытого дренажного типа.

Серия работ специалистов бывшего СССР посвящена обрастанию украинского металлургического комбината «Азовсталь» на Азовском море (см. Введение). Однако Азовское море относится к внутренним водоемам и вследствие очень низкой солености воды вряд ли может быть отнесено к настоящим морским водоемам. Единственным общим видом с нашими данными по ВТЭЦ-2 оказался

усоногий рак *A. improvisus*, в результате своей эврибионтности расселившийся практически по всему свету. В настоящее время имеются энергетические станции на Сахалине и Камчатке, использующие для охлаждения морскую воду. Однако гидробиологические работы там не проводились, а без этого разработка эффективных профилактических мероприятий не имеет смысла.

Проведенное нами исследование не претендует на абсолютную завершенность. Для полной характеристики функционирования экосистемы необходимы специальные исследования ее трофической структуры, пищевых цепей, переноса энергии и вещества, биогеохимических циклов, круговорота углерода, азота и фосфора, продуктивности экосистемы. Весьма желательно было бы проведение исследования механических повреждений зоопланктона, икры и личинок рыб после прохождения системы охлаждения. К сожалению, для нас оказались недоступными трубопроводы малого диаметра и конденсаторы, также подвергающиеся обрастанию. Желательно было бы также изучение влекомых наносов из створок моллюсков, способных вызвать закупорку этих трубопроводов. Особый интерес представляет собой река Объяснения. Это уникальное явление – река горного типа с соленой водой, впадающая в кутовую часть бух. Золотой Рог. По сути дела, это продолжение сбросного канала ВТЭЦ-2, населен этот канал с бурным течением исключительно морскими организмами. В перспективе необходим сравнительный гидробиологический анализ этой реки до и после впадения в нее отработанных подогретых вод станции. Но это уже задачи дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- Александров Б.Г. Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Черного моря: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Севастополь: ИнБЮМ, 2002. 36 с.
- Александров Б.Г. Биологические основы прогнозирования новых инвазий в водные системы // IV научно-практический семинар по проблеме управления водяным балластом судов (для специалистов научных учреждений, связанных с проблемой судоходства, морской биологии, экологии и охраны природы), г. Одесса, Украина, 26–27 августа 2003 года: Отчет о семинаре. Одесса, 2003. С. 135–146. (Серия монографий Одесского демонстрационного центра программы ГлоБалласт, вып. 8).
- Андреева Н.А., Смирнова Л.Л., Хомич Т.В. Оценка состояния морской среды в прибрежных вольерах с дельфинами (*Tursiopsis truncatus ponticus* Varabasch, 1940) // Экология моря. 2002. Вып. 62. С. 73–75.
- Афифи А., Эйзен К. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. М.: Мир, 1982. 488 с.
- Багаевеева Э.В. Многощетинковые черви *Hydroides elegans* и *Polydora limicola* в сообществах обрастания Японского моря // Обрастание и биокоррозия в водной среде. М.: Наука, 1981. С. 13–17.
- Багиров Р.М. Количественное распределение морского обрастания на западном побережье Среднего и Южного Каспия // Изв. АН Азерб. ССР. 1968. Сер. биол. Вып. 6. С. 3–8.
- Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Изд. дом «Pilies Studio», 2006. 498 с.
- Бегун А.А. Фитопланктон бух. Золотой Рог и Уссурийского залива (Японское море) в условиях антропогенного загрязнения // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 138. С. 330–344.
- Бегун А.А. Летне-осенний фитопланктон бух. Золотой Рог (Японское море) в условиях антропогенного загрязнения // Альгология. 2006. Т. 16, № 4. С. 417–434.
- Бегун А.А. Состав и количественные характеристики микроводорослей планктона и перифитона в зал. Петра Великого (Японское море). Дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2007. 282 с.
- Бегун А.А., Орлова Т.Ю., Звягинцев А.Ю. Фитопланктон Амурского залива Японского моря в районе г. Владивостока // Альгология. 2003. Т. 13, № 2. С. 204–215.
- Бегун А.А., Орлова Т.Ю., Селина М.С. Случай «цветения» воды, вызванный динофитовой водорослью *Ochrysrhis marina* // Биол. моря. 2004. Т. 30, № 1. С. 68–71.
- Бегун А.А., Рябушко Л.И. Отклик микроводорослей планктона и перифитона на загрязнение морских вод // Современные проблемы регионального развития: мат-лы 2-й междунар. науч. конф. Биробиджан, 2008 а. С. 101–102.
- Бегун А.А., Рябушко Л.И. Диатомовые водоросли эпифитона морского льна *Phyllospadix iwataensis* Makino в бухте Лазурная Японского моря // Современные проблемы альгологии: мат-лы Междунар. науч. конф. и 7-й Школы по морской биологии. Ростов н/Д, 2008 б. С. 44–46.
- Беклемишев В.Н. О классификации биоценологических (симфизиологических) связей // Бюлл. МОИП. Отд. Биол. Т. 56. С. 3–30.
- Белан Т.А., Моценко А.В., Лишавская Т.С. Долговременные изменения уровня загрязнения морской среды и состава бентоса в зал. Петра Великого // Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 50–74.
- Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд Л. Экология: особи, популяции и сообщества. М.: Мир, 1989. Т. 2. 477 с.
- Бодяну Н. Микрофитобентос // Основы продуктивности Черного моря. Киев, 1979. С. 109–119.
- Бондарчук Л.Л., Возжинская В.В., Кейлис-Борок И.В. Эпифитные синузии объектов марикультуры Белого моря // Экология фауны и флоры прибрежных зон океана. М.: ИОАН СССР, 1985. С. 100–103.
- Борисюк М.В. К изучению Bacillariophyta перифитона Азовского моря // Уч. зап. Таврич. нац. ун-та им. В.И. Вернадского. Биология. 2001. Т. 14, № 1. С. 37–40.

Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA® – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows®. М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 1998. 608 с.

Брайко В.Д., Долгопольская М.А. Основные черты формирования ценоза обрастания // Гидробиол. ж. 1974. Вып. 1, № 10. С. 11–18.

Брыков В.А., Семенихина О.Я., Колотухина Н.К. Динамика численности личинок мидии *Mytilus trossulus* в планктоне и их оседание на коллекторы в зал. Восток Японского моря // Биол. моря. 2000. Т. 26, № 4. С. 248–253.

Будникова Л.Л. Бентосные амфиподы (Crustacea: Amphipoda) в юго-западной части зал. Петра Великого // Экологическое состояние и биота юго-западной части зал. Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток: Дальнаука, 2001. Т. 2. С. 98–109.

Будникова Л.Л., Савко Т.Ю. Состав и распределение амфипод (Amphipoda-Gammaridea) на мягких грунтах возле острова Фуругельма (Японское море, залив Петра Великого) // Изв. ТИНРО. 2002. Т. 130. С. 481–494.

Ващенко М.А. Загрязнение зал. Петра Великого Японского моря и его биологические последствия // Биол. моря. 2000. Т. 26, № 3. С. 149–159.

Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. 520 с.

Виноградова Л.А., Маштакова Г.П., Дерзюк Н.В. Сукцессионные изменения в фитопланктоне северо-западной части Японского моря // Исследования экосистемы пелагиали Черного моря: Матер. Междунар. симп. «Антропогенная эвтрофикация и изменчивость экосистем Черного моря. М., 1986. С. 170–179.

Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. М.: ВНИИприроды, 2000. 150 с.

Воскресенский К.А. Пояс фильтраторов как биологическая система моря // Тр. ГОИН. 1948. Т. 6. Вып. 18. С. 55–122.

Гальцова В.В. Количественный учет мейобентоса // Гидробиол. ж. 1971. Т. 7, № 2. С. 132–136.

Гальцова В.В. Свободноживущие морские нематоды как компонент мейобентоса губы Чупа Белого моря // Нематоды и их роль в мейобентосе. Л.: Наука, 1976. С. 165–270. (Исслед. фауны морей; т. 15 (23).

Гальцова В.В. Мейобентос в морских экосистемах на примере свободноживущих нематод. Л.: ЗИН АН СССР, 1991. 240 с.

Гальцова В.В., Павлюк О.Н. Мейобентос бухты Алексева (залив Петра Великого, Японское море) в условиях марикультуры приморского гребешка: препринт. Владивосток: ИБМ ДВНЦ АН СССР, 1987. 50 с.

Гальцова В.В., Павлюк О.Н. Мейобентос в условиях марикультуры приморского гребешка в бухте Алексева Японского моря // Биол. моря. 1993. № 5/6. С. 17–22.

Гальцова В.В., Павлюк О.Н. Влияние растворенного и взвешенного органического вещества на плотность поселения мейобентоса в условиях марикультуры // Биол. моря. 1994. № 3. С. 211–215.

Герасимюк В.П., Гусяков Н.Е. Эколого-флористический анализ диатомовых водорослей бентоса Хаджибейского лимана (Черное море) // Альгология. 1992. Т. 2, № 3. С. 49–53.

Герасимюк В.П., Ковтун О.А. Микроскопические водоросли Тилигульского лимана (Черное море, Украина) // Альгология. 2007. Т. 17. № 1. С. 42–52.

Голиков А.Н., Скарлато О.А. Обрастания искусственных субстратов как основа продуктивности природных морских экосистем // Экология сообществ обрастателей. СССР-США. Бофорт: ДЮК Университет, 1975 а. С. 181–194.

Голиков А.Н., Скарлато О.А. Формирование и развитие эпибиозов на верхних отделах шельфа северо-западной части Тихого океана и Полярного бассейна // Экология сообществ-обрастателей. СССР-США. Бофорт: ДЮК Университет, 1975 б. С. 49–63.

Горбенко Ю.А. Формирование первичной слизистой пленки на предметах, погруженных в море, в районе литорали Мексиканского залива // Исслед. центрально-американских морей. Киев: Наук. думка, 1968. Вып. 2. С. 112–125.

Горбенко Ю.А. Экология морских микроорганизмов перифитона. Киев: Наук. думка, 1977. 250 с.

Горин А.Н. Обрастания гидротехнических сооружений портов северо-западной части Японского моря // Обрастания в Японском и Охотском морях. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975 а. С. 14–20.

Горин А.Н. Сезонная динамика оседания организмов-обрастателей в северо-западной части Японского моря // Обрастание в Японском и Охотском морях. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975 б. С. 45–70.

Горин А.Н., Мурахверы А.М. Сезонная динамика оседания и рост баянусов в зал. Петра Великого // Экология. 1973. № 2. С. 86–89.

Гринвальд Д.И., Никора В.И. Речная турбулентность. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 152 с.

Гусяков Н.Е. Методы изучения морского микрофитобентоса. Оценка степени загрязнения вод по состоянию микрофитобентоса // Руководство по методам биологического анализа воды и донных отложений. Л.: Гидрометиздат, 1980. С. 166–171.

Диатомовый анализ. Л.: Госгеолиздат. Кн. 1. 1949. 237 с.

Ермакова О.О. Распределение и динамика копеподы *Paracalanus parvus* в Амурском заливе Японского моря // Биол. моря. 1994. № 4. С. 252–259.

Жадин В.И. Методы гидробиологического исследования. М.: Высш. шк. 1969. 191 с.

Защита от обрастания. М.: Наука, 1989. 271 с.

Звягинцев А.Ю. Экология морского обрастания в северо-западной части Тихого океана: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Владивосток: Дальнаука, 1999. 48 с.

Звягинцев А.Ю. Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2005. 432 с.

Звягинцев А.Ю., Будникова Л.Л. Разноногие раки (Amphipoda, Crustacea) в обрастании системы охлаждения Владивостокской ТЭЦ-2 // Изв. ТИНРО. 2003. Т. 132. С. 280–298.

Звягинцев А.Ю., Корн О.М. Усоногий рак *Balanus amphitrite* Darwin в зал. Петра Великого Японского моря // Биол. моря. 2003. Т. 29, № 1. С. 50–58.

Звягинцев А.Ю., Корн О.М., Куликова В.А. Сезонная динамика пелагических личинок и оседание организмов обрастания в условиях гидротермального загрязнения // Биол. моря. 2004. № 4. С. 296–307.

Звягинцев А.Ю., Курдин А.В., Метельская Р.Н., Пукас Г.П. Сезонная динамика оседания и сукцессия сообществ обрастания в условиях испытательного стенда // Систематика и хорология морских организмов. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 101–109.

Звягинцев А.Ю., Михайлов С.Р., Блинов С.В., Кашин И.А. Антропогенные субстраты Японского моря – концентраторы промысловых видов // Биология шельфовых зон Мирового океана: тез. докл. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 23.

Звягинцев А.Ю., Моценко А.В. Роль микромасштабной турбулентности в распределении организмов-макрообрастателей на корпусах судов дальнего плавания // Биол. моря. 2002. Т. 28, № 6. С. 449–453.

Зевина Г.Б. Обрастания в морях СССР. М.: Изд-во МГУ, 1972. 265 с.

Зевина Г.Б. Биология морского обрастания. М.: Изд-во МГУ, 1994. 133 с.

Зевина Г.Б., Горин А.Н. Вселение *Balanus improvisus* и *B. eburneus* в Японское море // Зоол. журн. 1971. Т. 50. С. 771–773.

Зевина Г.Б., Горин А.Н. Флюктуация усоногих раков в обрастаниях буев зал. Петра Великого // Обрастания в Японском и Охотском морях. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 71–78.

Зевина Г.Б., Каменская О.Е., Кубанин А.А. Вселенцы в обрастаниях Японского моря // Комплексные исследования природы Океана. М.: Изд-во МГУ, 1975. Т. 5. С. 240–249.

Зевина Г.Б., Стрелков В.И. Морфологические изменения табличек *Balanus improvisus* в разных районах ареала // Биологические ресурсы Каспийского моря. М.: Изд-во МГУ, 1983. С. 136–146.

Зенкевич Л.А. Об акклиматизации в Каспийском море новых кормовых для рыб беспозвоночных и теоретические к ней предпосылки // Бюл. МОИП. 1940. Т. 49, № 1. С. 19–22.

Иванова-Казас О.М. Бесполое размножение животных. Л.: Изд-во ЛГУ, 1977. 240 с.

Ильичев В.Д., Бочаров Б.В., Анисимов А.А. и др. Биоповреждения. М.: Высшая школа, 1987. 352 с.

Инструкция по количественной обработке морского сетного планктона. Владивосток: ТИНРО, 1982. 29 с.

Караева Н.И. Диатомовые водоросли бентоса Каспийского моря. Баку, 1972. 258 с.

Карпов В.А., Ковальчук Ю.Л., Полтаруха О.П., Ильин И.Н. Комплексный подход к защите от морского обрастания и коррозии. М.: Т-во научных изданий КМК, 2007. 156 с.

Касьян В.В., Чавтур В.Г. Распределение и сезонная динамика зоопланктона в Амурском заливе Японского моря. 1. Веслоногие ракообразные // Изв. ТИНРО. 2006. Т. 144. С. 312330.

Кафанов А.И., Жуков В.Е. Прибрежное сообщество водорослей-макрофитов залива Посыета. Владивосток: Дальнаука, 1993. 154 с.

Кашин И.А. Методика изучения обрастания гидротехнических сооружений с помощью легководолазной техники // Подводные гидробиологические исследования. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 42–47.

Кашин И.А., Звягинцев А.Ю., Масленников С.И. Обрастание причальных сооружений в западной части зал. Петра Великого (Японское море) // Биол. моря. 2000. Т. 26, № 2. С. 86–94.

Кашина В.А. Диатомовые водоросли обрастания экспериментальных пластин Тауйской губы Охотского моря (предварительное сообщение) // Обрастание в Японском и Охотском морях. Владивосток, 1975. С. 180–183.

Ким Дж., Клекка У.Р., Мьюлер К.У. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1989. 312 с.

Кинне О. Этика и экоэтика // Вестник ДВО РАН. 1999. № 1. С. 3–7.

Ковалева Г.В. Микроводоросли бентоса, перифитона и планктона прибрежной части Азовского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 2006. 19 с.

Ковальчук Ю.Л. Диатомовые обрастания на антропогенных субстратах // Биоповреждения. Обрастание и защита от него. М.: Наука, 1996. С. 40–48.

Ковальчук Ю.Л., Неврова Е.Л., Шалаева Е.А. Диатомовые обрастания твердых субстратов. М.: Т-во научных изданий КМК, 2008. 174 с.

Коновалова Г.В. Сезонная характеристика фитопланктона в Амурском заливе Японского моря // Океанология. 1972. Т. 12. Вып. 1. С. 123–127.

Коновалова Г.В. Сезонная динамика и видовой состав основных компонентов микро- и нанопланктона Амурского залива Японского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1974. 24 с.

Коновалова Г.В. Структура планктонного фитоценоза залива Восток Японского моря // Биол. моря. 1984. Т. 18, № 1. С. 13–23.

Коновалова Г.В. «Красные приливы» в морях (некоторые итоги изучения) // Альгология. 1992 а. Т. 2, № 3. С. 18–25.

Коновалова Г.В. «Красные приливы» в дальневосточных морях России и прилегающих акваториях Тихого океана (обзор) // Альгология. 1992 б. Т. 2, № 4. С. 96–102.

Коновалова Г.В., Орлова Т.Ю. Структура фитопланктона мелководной северо-западной части Японского моря // Биол. моря. 1988. Т. 23, № 5. С. 10–20.

Константинов Н.М., Петров Н.А., Высоцкий Л.И. Гидравлика. Гидрология. Гидрометрия. Ч. 2. Специальные вопросы. М.: Высш. шк., 1987. 431 с.

Короткевич О.С. Диатомовая флора литорали Баренцева моря // Тр. Мурман. мор. биол. ин-та. 1960. Вып. 1. С. 68–338.

Корякова М.Д., Никитин В.М., Звягинцев А.Ю., Белогурова Л.С. Влияние загрязненных портовых вод на обрастание и коррозию высоколегированной стали // Биол. моря. 2002. Т. 28, № 2. С. 138–142.

Корякова М.Д., Супонина А.П., Звягинцев А.Ю. О возможности оценки загрязнения портовых вод по минеральному составу сообщества обрастания // Океанология. 2003. Т. 43, № 2. С. 203–208.

Корякова М.Д., Чеботкевич Е.Г., Каплин Ю.М. О влиянии биологического фактора на коррозию металлов в морской воде // Защита металлов. 1990. Т. 26, № 4. С. 652–656.

Красилов В.А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты. М.: Изд-во ин-та охраны природы и заповедного дела, 1992. 173 с.

Кузнецова И.А. Обрастание в губе Дальне-Зеленецкой и испытания противообрастающих покрытий // Тр. Ин-та океанол. АН СССР. 1967. Т. 85. С. 18–28.

Кузнецова И.А., Зевина Г.Б. Обрастание в районах строительства приливных электростанций на Баренцевом и Белом морях // Тр. Ин-та океанол. АН СССР. 1967. Т. 85. С. 18–28.

Кулаичев А.П. STADIA 6.0. Методы анализа и средства анализа данных в среде Windows. М.: НПО «Информатика и компьютеры», 1996. 256 с.

Кун М.С. Зоопланктон дальневосточных морей. М.: Пищ. пром-сть, 1975. 152 с.

- Кусморская А.П.* О весеннем планктоне северо-западной части Японского моря // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1949. № 3. С. 375–380.
- Кустенко Н.Г.* Некоторые особенности развития диатомовых водорослей в культурах и их устойчивость к специфическим факторам среды // Карадаг: история, биология, археология: сб. науч. тр., посвящ. 85-летию Карадаг. биол. ст. им. Т.И. Вяземского. Симферополь: Сонат, 2001. С. 176–182.
- Кучерова З.С.* Диатомовые обрастания некоторых моллюсков и крабов в Черном море // Тр. Севастопольской биол. станции АН СССР. 1960. Т. 13. С. 39–48.
- Левченко Е.В., Бегун А.А.* Диатомовые водоросли эпифитона на макрофитах бухты Соболя (Уссурийский залив, Японское море) // Изв. ТИНРО. 2008. Т. 154. С. 248–258.
- Леме Ж.* Основы биогеографии. М.: Прогресс, 1976. 309 с.
- Лукин В.И.* Сообщества макробентоса сублиторали острова Симушир (Большая Курильская гряда): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. 24 с.
- Лучин В.А., Соколов О.В., Плотников В.В.* Межгодовая изменчивость температуры воды в деятельном слое Японского моря и возможность ее прогноза // Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала России. Владивосток: Дальнаука. 2007. С. 14–32.
- Мазур И.И., Молдаванов О.И.* Введение в инженерную экологию. М.: Наука, 1989. 374 с.
- Макаренкова Е.П., Макаренков С.Н., Летунов В.Н.* Фрустуляция у гидроидов рода *Obelia* (Leptolida, Campanulariidae) как модифицированная форма столонияльного роста // Зоол. журн. 1985. Т. 64. Вып. 11. С. 1614–1619.
- Максимович Н.В., Погребов В.Б.* Анализ количественных гидробиологических материалов. Л.: Изд-во ЛГУ, 1986. 97 с.
- Мартьянов А.В.* 1998. Заднежаберные моллюски (Opisthobranchia) семейства Eubranchiidae: таксономическая структура и два новых вида из Японского моря // Зоол. журн. Т. 77. Вып. 7. С. 763–777.
- Марфенин Н.Н.* Феномен колониальности. М.: Изд-во МГУ, 1993 а. 239 с.
- Марфенин Н.Н.* Функциональная морфология колониальных гидроидов. СПб.: ЗИН РАН, 1993 б. 153 с.
- Марфенин Н.Н., Косевич И.А.* Морфология колонии у гидроида *Obelia loveni* (Allm.) (Campanulariidae) // Вестн. МГУ. Сер. 16. Биология. 1984. № 2. С. 37–46.
- Мещерякова И.М.* Сезонные изменения планктона в открытых водах Японского моря // Изв. ТИНРО. 1960. Т. 46. С. 95–144.
- Микулич Л.В., Бирюлина Н.Г.* Планктон бухты Алексева (залив Петра Великого) // Исслед. океанол. полей Индийского и Тихого океанов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 103–136.
- Милейковский С.А.* Личинки (преимущественно Polychaeta и Gastropoda) и экология роста морских донных беспозвоночных с пелагическим развитием на примере Баренцева, Белого, Норвежского морей и Гольфстрима: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ИО АН СССР, 1965. 24 с.
- Милейковский С.А.* Антропогенное термическое воздействие на население моря // Океанология. Биология океана. М.: Наука, 1977. Т. 2. С. 332–339.
- Милейковский С.А.* Влияние прохождения через системы водяного охлаждения прибрежных электростанций и промышленных предприятий на воспроизводство и продуктивность морского и эстуарного планктона, бентоса и нектона // Обрастание и биокоррозия в водной среде. М.: Наука, 1981. С. 131–137.
- Милейковский С.А.* Обзор советских исследований по влиянию антропогенного фактора на естественные сообщества морского и эстуарного зоопланктона и нейстона // Биол. моря. 1981. № 4. С. 311.
- Миловидова Л.С.* Водоросли. Томск: Томский университет, 1982. 164 с.
- Михеева Т.М.* Структура и функционирование фитопланктона при евтрофировании вод: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Минск, 1992. 63 с.
- Мокиевский В.О.* Экология морского мейобентоса. М.: Т-во научных изданий КМК, 2009. 286 с.
- Мордохович В.В.* Коллекция и база данных морских свободноживущих нематод бухты Кратерной // Тр. учебно-научного музея ДВГУ. Вып. I. Естественнонаучные коллекции: традиции и современность. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2003. С. 66–69.

- Мощенко А.В. Роль микромасштабной турбулентности в распределении и изменчивости бентосных животных. Владивосток: Дальнаука, 2006. 321 с.
- Мощенко А.В., Белан Т.А. Метод количественной оценки степени антропогенного нарушения сообществ макробоентоса рыхлых грунтов // Биол. моря. 2008. Т. 34, № 4. С. 279–292.
- Надточий В.В. Сезонная динамика планктона в зонах с различной термической структурой вод в районе южных Курильских островов // Биол. моря. 2004. Т. 30, № 4. С. 255–262
- Найт-Джонс Е., Мойз Д. Внутривидовая конкуренция у прикрепленных форм морских животных // Механизмы биологической конкуренции. М.: Мир, 1964.
- Неврова Е.Л. Донные диатомовые водоросли на мелководье у Севастополя (Черное море) // Альгология. 1998. Т. 8, № 3. С. 278–285.
- Неврова Е.Л. Антропогенное влияние на микрофитобентос Севастопольской бухты // Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. Севастополь: Аквавита, 1999. С. 168–175.
- Неврова Е.Л., Шадрин Н.В. Донные диатомовые водоросли соленых озер Крыма // Морський екологічний журнал. 2005. Т. 4, № 4. С. 61–71.
- Несис К.Н. Общие экологические понятия в приложении к морским сообществам. Сообщество как континуум // Биология океана. Т. 2. Биологическая продуктивность океана. М.: Наука, 1977. С. 5–13.
- Нестерова Д.А., Василенко Л.С. Размерная характеристика массовых видов фитопланктона западной части Черного моря // Гидробиол. ж. 1986. Т. 22, № 3. С. 16–21.
- Никитин В.Н. Биология обрастания судов в Черном море // ДАН СССР. 1947. Т. 58, № 5. С. 1183–1185.
- Никифоров С. М., Звягинцев А. Ю. Аллозимные различия между локальными поселениями тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus* (Bivalvia: Mytilidae) из загрязненных районов залива Петра Великого Японского моря // Биол. моря. 2008. Т. 34, № 1. С. 47–52.
- Николаев В.А. Сообщества диатомовых водорослей бентоса бухты Троицкой Японского моря // Бот. журн. 1970. Т. 55, № 6. С. 859–864.
- Носов В.Н. Метод главных компонент и факторный анализ // Компьютерная биометрика. М.: Изд-во МГУ, 1990. С. 162–187.
- Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы зал. Петра Великого. Владивосток : Изд-во ТИНРО, 2001. 193 с.
- Огородникова А.А., Вейдеман Е.Л., Силина Э.И., Нигматулина Л.В. Воздействие береговых источников загрязнения на биоресурсы зал. Петра Великого (Японского моря) // Изв. ТИНРО. 1997. Т. 122. С. 430–450.
- Одум Ю. Экология: пер. с англ. Т. 1. М.: Мир, 1986. 328 с.
- Одум Ю. Экология. Т. 2. М.: Мир, 1986. 376 с.
- Орлова Т.Ю. Диатомовые водоросли планктона неритических вод Южного Приморья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ ДВО АН СССР, 1990. 26 с.
- Орлова М.И., Анизулевич А.Е. Основные направления и итоги изучения биологических инвазий в Финском заливе // Материалы VIII научного семинара «Чтения памяти К.М. Дерюгина». СПб., 2006. С. 51–65.
- Ошурков В.В. Сукцессия сообществ обрастания в Кандалакшском заливе Белого моря // Повышение продуктивности и рациональное использование биологических ресурсов Белого моря. Л.: ЗИН АН СССР, 1982. С. 67–69.
- Ошурков В.В. Динамика и структура сообществ обрастания и бентоса Белого моря // Экология обрастания в Белом море. Л.: ЗИН АН СССР, 1985. С. 44–59.
- Ошурков В.В. Развитие и структура некоторых сообществ обрастания в Авачинском заливе // Биол. моря. 1986. № 5. С. 20–27.
- Ошурков В.В. Сукцессия эпибентосных сообществ при возникновении новых субстратов // Биол. моря. 1994. Т. 20, № 4. С. 247–251.
- Ошурков В.В. Сукцессии и динамика эпибентосных сообществ верхней сублиторали бореальных вод. Владивосток: Дальнаука. 2000. 205 с.
- Парталы Е.М. Обрастание в Азовском море. Мариуполь: Рената, 2003. 378 с.

- Парталы Е.М.* Экология гидроида *Garveia franciscana* (Torgey) в Азовском море. Мариуполь: Новый мир, 2006. 185 с.
- Паутова Л.А.* Структура фитопланктона и роль динофлагеллят в прибрежных водах зал. Петра Великого Японского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Севастополь: ИнБЮМ АН УССР, 1987. 23 с.
- Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 288 с.
- Петров А.Н., Неврова Е.Л., Малахова Л.В.* Многомерный анализ распределения бентосных диатомовых водорослей (Bacillariophyta) в поле градиентов абиотических факторов в Севастопольской бухте (Черное море, Крым) // Морський екологічний журнал. 2005. Т.4, № 3. С. 65–77.
- Петрова-Караджова В., Темнискова-Топалова Д.* Динамика плотности бентосных Bacillariophyta болгарского шельфа Черного моря // Альгология. 1994. Т. 4, № 4. С. 36–40.
- Полтаруха О.П.* Разработка методов борьбы с обрастанием морского водовода для АЭС «Куданкулам» // Экологические проблемы биодеградации промышленных, строительных материалов и отходов производств: тр. III Всерос. науч.-техн. конф., Пенза. 2000. С. 27–29.
- Протт М.В.* Экология прибрежных донных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря. М.: Наука, 1971. 128 с.
- Протасов А.А.* Пресноводный перифитон. Киев: Наук. думка, 1994. 307 с.
- Протасов А.А.* Старые и новые проблемы исследования перифитона // Биол. внутр. вод. 2005. № 3. С. 3–11.
- Протасов А.А.* О структуре и задачах технической гидробиологии: тез. докл. X съезда ГБО. Владивосток, 2009. С. 326–327.
- Протасов А.А., Здановски Б.* К определению воздействия тепловых и атомных электростанций на гидроекосистемы с помощью экспертных оценок // Гидробиол. ж. 2002. Т. 38, № 1. С. 95–105.
- Протасов А.А., Павлюк Т.Е.* Использование показателей биоразнообразия для оценки состояния водных объектов и качества воды // Гидробиол. ж. 2004. Т. 40, № 6. С. 3–17.
- Протасов А.А., Панасенко Г.А., Бабарига С.П.* Биологические помехи в эксплуатации энергетических станций, их типизация и основные гидробиологические принципы их ограничения // Гидробиол. ж. 2008. Т. 44, № 5. С. 32–45.
- Протасов А.А., Сергеева О.А., Кошелева С.И.* и др. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных станций. Киев: Наук. думка, 1991. 192 с.
- Прошкина-Лавренко А.И.* Диатомовые водоросли бентоса Черного моря. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963а. 243 с.
- Прошкина-Лавренко А.И.* Диатомовые водоросли планктона Азовского моря. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963б. 190 с.
- Раилкин А.И.* Процессы колонизации и защита от обрастания. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 1998. 271 с.
- Раилкин А.И.* Колонизация твердых тел бентосными организмами. 2008. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2008. 427 с.
- Расс Т.С., Резниченко О.Г.* Интродукция и акклиматизация морских организмов // Биология океана. Океанология. М.: Наука, 1977. Т. 2. С. 314–321.
- Ревков Н.К., Неврова Е.Л.* Изучение особенностей структуры таксоценоза бентосных диатомовых (Bacillariophyta) с помощью методов многомерной статистики (бухта Ласпи, Черное море) // Альгология. 2004. Т. 14, № 2. С. 161–170.
- Редфилд А.К., Диви Э.С.* Изменение во времени и биотические сукцессии // Морское обрастание и борьба с ним. Ч. 4. М.: Воениздат, 1957. С. 68–77.
- Редфилд А.К., Хатчинс Л.У.* Действие обрастания // Морское обрастание и борьба с ним. М.: Воениздат, 1957. С. 11–33.
- Резниченко О.Г.* Классификация и пространственно-масштабная характеристика биотопов обрастания // Биол. моря. 1978. № 4. С. 3–15.
- Резниченко О.Г., Солдатова И.Н., Цихон-Луканина Е.А.* Обрастание в Мировом океане. М.: ВИНТИ, 1976. 120 с.
- Ржавский А. В., Солохина Е.В.* Полихеты Авачинской губы: бентос, обрастание, планктон // Гидробиологические исследования в Авачинской губе. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 39–49.

- Ржепишевский И.К., Зевина Г.Б., Кузнецова И.А.* Влияние скорости течения на прикрепившихся личинок *Balanus balanoides* // Тр. Ин-та Океанологии АН СССР. 1967. Т. 85. С. 94–97.
- Ржепишевский И.К., Уварова З.Р.* О гидродинамике прикрепления личинок // Закономерности распределения и экология прибрежных биоценозов. Л.: Наука, 1978. С. 21–23.
- Риклефс Р.* Основы общей экологии. М.: Мир, 1979. 424 с.
- Рудякова Н.А.* Обрастание в северо-западной части Тихого океана. М.: Наука, 1981. 67 с.
- Рябушко Л.И.* Видовой состав, сезонная динамика плотности и биомассы диатомовых водорослей твердых грунтов верхней сублиторали залива Восток Японского моря // Биол. моря. 1990. № 5. С. 3–11.
- Рябушко Л.И.* Структура микрофитобентоса твердых грунтов прибрежных районов Севастопольской бухты (Черное море) // Альгология. 1994. Т. 4, № 2. С. 15–21.
- Рябушко Л.И.* Микрофитобентос Крымского побережья Черного моря (Украина) // Альгология. 1999. Т. 9, № 2. С. 127.
- Рябушко Л.И.* Микроводоросли кожных покровов черноморских дельфинов-афалин в местах их обитания // Морські біотехнічні системи. Севастополь, 2002. Вип. 2. С. 188–203.
- Рябушко Л.И.* Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна. Ин-БЮМ НАН Украины. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. 288 с.
- Рябушко Л.И.* Микроводоросли бентоса Черного моря (Чек-лист, синонимика, комментарий). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. 143 с.
- Рябушко Л.И.* Микрофитобентос Черного моря: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Севастополь, 2009. 48 с.
- Рябушко Л.И., Бабич И.Н., Рябушко В.И., Смирнова Л.Л.* Седиментация фитопланктона в бухте Казачья Черного моря (Украина) // Альгология. 2004. Т. 14, № 1. С. 48–61.
- Рябушко Л.И., Завалко С.Е.* Микрофитообрастания искусственных и природных субстратов в Черном море // Бот. журн. 1992. Т. 77, № 5. С.3339.
- Рябушко Л.И., Рябушко В.И.* Микрофитобентос бухты Казачья Черного моря (Украина) // Альгология. 2001. Т. 11, № 1. С. 70–82.
- Рябушко Л.И., Рябушко В.И.* Микрофитобентос бухты Казачья Черного моря (Украина) // Альгология. 2001. Т.11, № 1. С. 70–82.
- Сатерленд Д.П.* Становление и динамика сообществ обрастателей // Экология сообществ-обрастателей. СССР-США, Совместная программа. Бофорт (Северная Каролина): ДЮК Университет, 1975. С. 135–152.
- Сатерленд Д.П.* Образ жизни и динамика сообществ обрастателей // Закономерности распределения и экология прибрежных биоценозов. Л.: Наука, 1978. С. 16–17.
- Саут Р., Уиттик А.* Основы альгологии. М.: Мир, 1990. 595 с.
- Свеишников В.А.* Личинки архианнелид и полихет залива Посьет Японского моря. Исслед. фауны морей 5 (13). Л.: Наука, 1967. С. 125–159.
- Селина М.С.* Весенне-осенний фитопланктон в заливах Японского моря // Вопр. гидрометеорол. и изуч. загрязнения природной среды. 1988. Вып. 132. С. 60–68.
- Селина М.С.* Фитопланктон залива восток Японского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВО РАН, 1998. 25 с.
- Семенихина О.Я., Колотухина Н.К., Брыков В.А.* Вторичное оседание мидии *Mytilus trossulus* в зал. Восток Японского моря // Бюл. дальневост. малакол. о-ва. 2000. Вып. 4. С. 102–103.
- Смелянский И.Э.* Механизмы сукцессии // Успехи современной биологии. 1993. Т. 113. Вып. 1. С. 36–45.
- Смирнова Л.Л., Рябушко Л.И., Рябушко В.И., Бабич И.И.* Влияние концентрации биогенных элементов на сообщества микроводорослей прибрежного мелководья Черного моря // Альгология. 1999. Т. 9, № 3. С. 32–42.
- Соколовский А.С., Соколовская Т.Г.* Многолетняя динамика ихтиофауны зал. Петра Великого как отражение природных и антропогенных воздействий на морскую биоту // Реакция морской биоты на изменения природной среды и климата: материалы Комплексного регионального проекта ДВО РАН по программе Президиума РАН. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 170–212.
- Спетницкая Н.А., Гогорев Р.М., Иванов М.В.* Особенности питания беломорских культивируемых мидий (*Mytilus edulis* L.) фитопланктоном // Вест. Санкт-Петербургского университета. Сер. 3. Биология. Вып. 4. 2007. С. 39.

Старостин И.В., Пермитин Ю.Е. Видовой состав и количественное развитие макрообрастания системы морского водопровода металлургического завода на Азовском море // Тр. Ин-та океанол. АН СССР. 1963. Т. 70. С. 124–141.

Старостин И.В., Уманский С.А. Опыт эксплуатации и гидробиологическая характеристика дренажного водозабора Новороссийской ГРЭС // Тр. Ин-та океанол. АН СССР. 1967. Т. 85. С. 210–214.

Стоник И.В. Фитопланктон Амурского залива (Японское море) в условиях евтрофирования: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВО РАН, 1999. 26 с.

Стоник И.В., Орлова Т.Ю. Летне-осенний фитопланктон в Амурском заливе Японского моря // Биол. моря. 1998. Т. 24, № 4. С. 205–211.

Стоник И.В., Селина М.С. Фитопланктон как показатель трофности вод зал. Петра Великого Японского моря // Биол. моря. 1995. Т. 21, № 6. С. 403–406.

Стоник И.В., Селина М.С. Видовой состав и сезонная динамика плотности и биомассы евгленовых водорослей в зал. Петра Великого Японского моря // Биол. моря. 2001. Т. 27, № 3. С. 207–209.

Суханов В.В., Петропавловский Б.С., Чавтур Н.А. Структура растительных сообществ Сихотэ-линского заповедника. Владивосток: Дальнаука, 1994. 220 с.

Тальских В.Н. Использование концепции инвариантных состояний биоценозов в экологическом мониторинге и нормировании загрязнения рек Средней Азии // Экологические модификации и критерии экологического нормирования: тр. междунар. симп., Нальчик, 1–12 июня 1990 г. Л.: Гидрометеиздат, 1991. С. 163–184.

Тарасов Н.И. Обрастания в советских водах Японского моря // Тр. Ин-та океанол. АН СССР. 1961. Т. 49. С. 3–59.

Теренько Г.В. Современное состояние прибрежного фитопланктона северо-западной части Черного моря и роль в нем динофитовых водорослей: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Севастополь, 2004. 21 с.

Трифопова И.С. Экология и сукцессия озерного фитопланктона. Л.: Наука, 1990. 184 с.

Турпаева Е.П. О возможности борьбы с обрастанием в системах технического водоснабжения // Изучение процессов морского биообрастания и разработка методов борьбы с ним. Л.: Зоол. Ин-т АН СССР, 1987а. С. 95–105.

Турпаева Е.П. Биологическая модель сообщества обрастания М.: Ин-т океанологии АН СССР, 1987б. 126 с.

Турпаева Е.П., Симкина Р.Г. Возможности применения промышленных вод для защиты от обрастания // Обрастание и биокоррозия в водной среде. М.: Наука, 1981. С. 204–209.

Унифицированные методы исследования качества вод: атлас сапробных организмов. М.: СЭВ, 1977. Ч. 3, прил. 2. 227 с.

Усачев И.Н. Новые способы борьбы с обрастанием на морских энергетических сооружениях // Докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. «Защита судов и гидротехнических средств от обрастания». Л.: Судостроение, 1990. С. 51–58.

Усачев И.Н., Стругова Ю.Н. Эффективные способы защиты морских энергетических объектов от биологической коррозии // Актуальные проблемы биологических повреждений и защита материалов, изделий и сооружений. М.: Наука, 1989. С. 218–224.

Федоров В.Д., Смирнов Н.А., Кольцова Т.И. Сезонные комплексы фитопланктона Белого моря и анализ индекса сходства // Изв. АН СССР. 1982. № 5. С. 715–721.

Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. М.: Мир, 1991. Т. 2. 552 с.

Харин В.Е. Биота российских вод Японского моря. Рептилии. Владивосток: Дальнаука, 2008. 170 с.

Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192 с.

Христофорова Н.К., Журавель Е.В., Недоросткова И.Г. Содержание детергентов и фенолов в поверхностных водах приустьевой зоны реки Туманган и сопредельных морских водах (залив Петра Великого Японского моря) // Экологическое состояние и биота юго-западной части зал. Петра Великого. Владивосток: Дальнаука, 2001. Т. 2. С. 27–40.

Чесунов А.В. Биология морских нематод. М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. 367 с.

Школдина Л.С., Погодина А.Г. Состав планктона и биоиндикация вод юго-западной части зал. Петра Великого Японского моря // Биол. моря. 1999. Т. 25, № 2. С. 178–180.

- Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России. Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. 580 с.
- Шустер Г. Детерминированный хаос. М.: Мир, 1988. 240 с.
- Эрхард Ж.П., Сежен Ж. Планктон. Л.: Гидрометиздат, 1984. 255 с.
- Abbott, D.P., Newberry A.T. Urochordata: the Tunicates // Morris R.H., Abbott D.P., Haderlie E.C. Intertidal invertebrates of California. Stanford University press, 1980. P. 127–226.
- Ahamed M.S., Durairaj G., Suresh K. Effect of power plant heated effluent on distribution of sedentary fauna and flora // J. Mar. Sci. 1992. V. 21. P. 188–191.
- Ahsan Q., Li H., Alan F., Blumberg A., Piehler G. Addressing practical environmental permitting issues through the use of sophisticated 3-D hydrothermal model // Proc. POWER-GEN International Conf. December 10 – 12, 2002. Orange County Convention Center in Orlando, FL USA, 2002. P. 1–10.
- Alexandrov B., Zaitsev Yu. Chronicle of exotic species introduction into the Black Sea // Materials of International Sympos. «The Black Sea ecological problems» (31 October-5 November, Odessa, Ukraine). OCNTI, 2000. P. 14 – 19.
- Allem A.A. Succession of marine fouling organisms on test panels immersed in deep-water atoll Jolla, California // Hydrobiology. 1957. V. 11, N1. P. 35–61.
- Aprosi G. Bryozoans in cooling water circuits of a power plant // Verh. Int. Verein. Limnol. 1988. V. 23. P.1542–1547.
- Aure J., Danielsen D.S., Skogen M. et al. Environmental conditions during the *Chattonella* bloom in the North Sea and Skagerrak in May 1998 // International Conference on Harmful Algae Blooms 7–11 February 2000, Tasmania, Australia. UNESCO, 2001. P. 82–88.
- Bachelet G., Butman C.A., Webb C.M., Starczak V.R., Snelgrove P.V.R. Nonselective settlement of *Mercenaria mercenaria* (L) larvae in short-term, still-water, laboratory experiments // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1992. V. 161, N 2. P. 241–280.
- Baciocco A.J. Keynote Address // Marine biodeterioration: an interdisciplinary study. Anapolis, Maryland: Naval Institute Press, 1984. 384 p.
- Bagaveeva E.V., Zvyagintsev A.Yu. Polychaete worms (Polychaeta) in the fouling of hydrotechnical structures in Amursky and Ussurijsky Bays (East Sea) // The Yellow Sea. 2001. V. 7, N 1. P. 45–54.
- Barnett P.R.O. Effects of warm water effluents from power stations on marine life // Proc. Roy. Soc. London B. 1972. V. 180, N 1061. P. 495–509.
- Bath A., Shackleton B., and C. Botica. Development of temperature criteria for marine discharge from a large industrial seawater supplies project in Western Australia // Water SA. 2004. V. 30, N 5 (Special edition). P. 100–106.
- Belan T.A., Moshchenko A.V. Polychaete taxocene variability associated with sediment pollution loading in the Peter the Great Bay (Sea of Japan) // Ocean Science Journal. 2005. V. 40, N 1. P. 1–10.
- Belan T.A., Tkalin A.V., Lishavskaya T.S. The present status of bottom ecosystems of Peter the Great Bay (the Sea of Japan) // Pacific Oceanography. 2003. V. 1, N 2. P. 158–167.
- Bode A., Fernandez E. Influence of water-column stability on phytoplankton size and biomass succession patterns in the central Cantabrian Sea (Bay of Biscay) // J. Plankton Res. 1992. V. 14, N 6. P. 885–902.
- Bodeanu N. Algal Blooms in Mamaia Bay (Romanian Black Sea Cost) // Harmful Marine Algae Blooms – Proceedings of Sixth International Conference on Toxic Marine Phytoplankton, October 1993. Nantes, France, 1995. P. 127–132.
- Bongers T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition // Oecologia (Berlin). 1990. V. 83. P. 14–19.
- Bongers T., Alkemade R., Yeates G.W. Interpretation of disturbance-induced maturity decrease in marine nematode assemblages by means of the Maturity Index // Marine Ecology Progress Series. 1991. V. 76. P. 135–142.
- Briand F. J.-P. Effects of Power-Plant Cooling Systems on Marine Phytoplankton // Marine Biology. 1975. V. 33. P. 135–146.
- Brooks W.K. Development of the American Oyster // Studies from the Biol. Lab., John Hopkins Univ. 1880. N 4. 106 p.
- Bukhtiyarova L.N. Diatoms of Ukraine. Inland waters. Kyev, 1999. 132 p.

- Butman C.A.* Larval settlement of soft-sediment invertebrates: some predictions based on an analysis of near-bottom velocity profiles // *Marine Interfaces Ecohydrodynamics* / Ed. J.C.J. Nihoul. Amsterdam: Elsevier, 1986. P. 487–513 (Elsevier Oceanography Series; v. 42.)
- Cadee G.C.* Increase of *Phaeocystis* bloom in the westernmost Intel of the Waddu Sea, the Marsdiep, science 1973 // *Water Poll. Pes. Rep.* 1990. Ser. 12. P. 105–112.
- Caspers R.* Der tierische Bewuchs and Helgolander Seetonnen // *Helgoland. Wiss. Meeruntersuch.* 1952. Bd. 4, N 2. P. 138–160.
- Chamberlain J.A., Graus R.R.* Water flow and hydromechanical adaptations of branched reef corals // *Bull. Mar. Sci.* 1975. V. 25, N 1. P. 112–125.
- Clarke K.R., Corley R.N.* Changes in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation: 2nd edition. Plymouth: PRIMER-E, 2001. 170 p.
- Clements F., Shelford A.* Bio-Ecology. New-York: John Willey & Sons, 1939. 425 p.
- Clokie A., Boney H.* The assessment of change in intertidal ecosystems following reclamation work: from work for interpretation of algae dominated biota and misuse of data // *Shore Environ.: Proc. Int. Symp.*, Portsmouth, 1980. V. 2. P. 609–675.
- Colombo G., Ferrari I., Ceccherelli V.U., Rossi R.* Marine eutrophication and population dynamics. Fredensborg: Olsen and Olsen, 1992. 399 p.
- Connell J., Stayter R.O.* Mechanism of succession in natural communities and their role in community stability and organization // *Am. Nat.* 1977. V. 111. P. 1119–1144.
- Connor E.F., McCoy B.D.* The statistics and biology of the species – area relationship // *Am. Nat.* 1979. V. 113. P. 791–833.
- Crimaldi J.P., Thompson J.K., Rosman J.H., Lowe R.J., Koseff J.R.* Hydrodynamics of larval settlement: The influence of turbulent stress events at potential recruitment sites // *Limnol. Oceanogr.* 2002. V. 47, N 4. P. 1137–1151.
- Crisp D.J.* The ecology of marine fouling // *Ecol. and industr. soc. Oxford, blackwell sci. publs.* 1965. P. 99–117.
- Cristiani P.* Solutions to fouling in power station condensers // *Appl. Therm. Eng.* 2005. V. 25. P. 2630–2640
- Dahl B., Blanck H.* Pollution-induced community tolerance (PICT) in periphyton communities established under tri-n-butyltin (TBT) stress in marine microcosms // *Aquatic Toxicology.* 1996. V. 34. P. 305–325.
- Dunn R., Mullineaux L.S., Mills S.W.* Resuspension of postlarval soft-shell clams *Mya arenaria* through disturbance by the mud snail *Ilyanassa obsoleta* // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 1999. V. 180. P. 223–232.
- Eckman J.E., Duggins D.O.* Effects of flow speed on growth of benthic suspension feeders // *Biol. Bull.* 1993. V. 185, N 1. P. 28–41.
- Eckman J.E., Duggins D.O.* Larval settlement in turbulent pipe flows // *J. Mar. Res.* 1998. V. 56, N 6. P. 1285–1312.
- Eckman J.E., Okamura B.* A model of particle capture by bryozoans in turbulent flow: significance of colony form // *Amer. Nat.* 1998. V. 152, N 6. P. 861–880.
- Edyvane K.S.* Coastal and marine wetlands in Gulf St. Vincent, South Australia: understanding their loss and degradation // *Wetlands Ecology and Management (Kluwer Academic Publishers).* 1999. N. 7. P. 83–104.
- Elliott J.M.* Statistical analysis of samples of benthic invertebrates // *Freshwater Biol. Ass. Sci. Publ.* 1971. N 25. 144 p.
- Fadeev V.I., Fadeeva N.P.* Distribution of small-sized benthic organisms in conditions of chronic oil pollution of bottom sediments // *Earth-Water Humans. Proc. Int. Symp. Kanazawa, Japan, 30 May-1 June 1999.* Kanazawa: Kanazawa University, 1999. P. 146–153.
- Fadeeva N.P., Fadeev V.I.* The response of small-sized benthic organisms to chronic oil pollution from marine sediments // *Abstr. Second english language international nematology simposium of the Russian society of nematologists.* 23–30 August, 1997. M., 1997. P. 8.
- Fager E.W.* Communities of organisms // *In the sea.* 1963. V. 2, N 4. P. 415–437.
- Foster M.* An assessment of the studies used to detect impact to marine environments by California's coastal power plants. Contract No. 700–02–004. Moss Landing, California, 2005. 72 p.
- Goodman K., Ralph R.* Fouling – the marine growth industry // *Offshore Eng.* 1979. Sept. P. 113–117.

Goodman P.D. Effect of chlorination on materials for seawater cooling system: a review of chemical reactions // Br Corros. J. 1987. V.22, No. 1. P. 56–62.

Grassle J.P. et al. Larval habitat choice in still water and flume flows by the opportunistic bivalve *Mulinia lateralis* // Neth. J. Sea Res. 1992 a. V. 30. P. 33–44.

Grassle J.P. et al. Active habitat selection by *Capitella sp.* I larvae. 2. Multiple-choice experiments in still water and flume flows // J. Mar. Res. 1992 b. V. 50, N 4. P. 717–743.

Gregorio D., Connell L. Range of *Heterosigma akashiwo* expanded to include California, USA // International Conference on Harmful Algae Blooms 7–11 February 2000, Hobart, Tasmania, Australia. UNESCO, 2001. P. 86–88.

Grohmann P. Cooling system at the hydroelectric power plant, Italia, Rio de Janeiro, Brazil // Naruralia. 2008. V. 31. P. 16–21.

Gulmann L.K., Mullineaux L.S., Hunt H.L. Effects of caging on retention of postlarval soft-shelled clams (*Mya arenaria*) // J. Shellfish Res. 2001. V. 20, N 1. P. 135–142.

Gunasingh M., Jesudoss K.S., Nandakumar K. et al. Lethal and sub-lethal effects of chlorination on green mussel *Perna viridis* in the context of biofouling control in a power plant cooling water system // Mar. Env. Res. 2002. V. 53. P. 65–76.

Hallegraeff G.M. A review of harmful algae blooms and their apparent global increase // Phycologia. 1993. V. 32(2). P. 79–99.

Han M.-S., Furuya K., Nemoto T. Species-specific productivity of *Skeletonema costatum* (Bacillariophyta) in the inner part of Tokyo Bay // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1992. V. 79. P. 267–273.

Hawkins S.J., Hartnoll R.G. Changes in a rocky shore community: An evaluation of monitoring // Mar. Environ. Res. 1983. V. 9. P. 131–181.

Hentschel E. Der Bewuchs an Seeschiffen // Int. Rev. Ges. Hydrol. Hydrog. 1923. V. 11, N 3/4. P. 238–264.

Hewatt W.G. Ecological succession in the *Mytilus californianus* habitat as Observed in Monterey Bay // Cal. Ecol. 1935. V. 16. P. 244–251.

Hong S.Y. Notes on the early development of *Hydroides ezoensis* Okuda // Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Fish. Univ. Busan. 1980. V. 12. P. 55–58.

Huang Z., Cai R. Marine fouling and its prevention. 1984. 352 p. (In Chinese with English tabl. and contents).

Hung Y.T., Eldridge J., Taricska J.R., Kathleen Hung Li. Cooling of Thermal Discharges // Handbook of Environmental Engineering. V. 2. Advanced Air and Noise Pollution Control. Cleveland, 2005. P. 359–384.

Hunt H.L., Mullineaux L.S. The roles of predation and postlarval transport in recruitment of the soft shell clam (*Mya arenaria*) // Limnol. Oceanogr. 2002. V. 47, N 1. P. 151–164.

Iizuka S. The Results of a Survey of Maximum Densities in Cells Number of Phytoplankton in Coastal Waters of Japan // Bull. of Plankton Society of Japan. 1985. V. 32, N 1. P. 67–72.

Jordan A.R., Martin P.G., and Sutton S.E. Selective effects of phytoplankton entrainment at the Surry Power Plant, James River, Virginia // Hydrobiologia. 1983. V. 106. P. 253–261.

Kajihara T. Foreign Sessile Animals Immigrated into Tokyo Bay // Mar. Fouling. 1996. V. 12 (2). P.25–26.

Kartasheva N.V., Fomin D.V., Popov A.V., Kuchkina M.A. and D. V. Minin. Impact assessment of nuclear and thermal power plants on zooplankton in cooling ponds // Vestn. Moskovskogo Universiteta. Biologiya. 2008. N. 3. P. 30–35.

Karydis M. Quantitative assessment of eutrophication: a scoring system for characterizing water quality in coastal marine ecosystem // Environ. Mon. and Assessment. 1996. P. 233–246.

Katsuyama I. Weight of fouling organisms in air and seawater // Marine Fouling. 1994. V. 10, N 2. P. 27–30.

Keough M.J. Dispersal of the bryozoan *Bugula neritina* and effects of adults on newly metamorphosed juveniles // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1989. V. 57, N 2. P. 163–171.

Kilburn P.D. Analysis of the species – area relation // Ecology. 1966. V. 47. P. 259–267.

Kinne, O. The effects of temperature and salinity of marine and brackish water animals. I. Temperature // Oceanogr. Mag. Biol. Ann.Rev. I. 1963. P. 301–340.

- Kirca, V. S. O., Kaldasli, M. S. Cokgor, S. Aydingakko, A. and Unal, N. E.* 3D Physical Modelling of Thermal Discharge Dissipation: A Case Study, Southern Brazil // Journ. of Coastal Research. SI 39: Proc. of the 8th Int. Coastal Sympos.). Itajaí, SC. Brazil, 2006. P. 1775–1779.
- Kiyono M.* Control of biofouling in power plant cooling water systems – Discussion of practical research targets from a user’s view // Sessile Organisms. 2003. V. 20, N 1. P. 11–13.
- Kott P.* Introduction of the North Atlantic Ascidian *Molgula manhattensis* (De Kay) to two Australian river estuaries // Mem. Qd. Mus. 1976. V. 17(3). P. 449–455.
- Kott P.* The Australian Ascidiacea part 1, Phlebobranchia and Stolidobranchia // Mem. Qd Mus. 1985. V. 23. P. 1–440.
- Lee C.W.* The effects of thermal effluent on marine diatoms and bacteria // Malaysian Journal of Science. 2003. V. 22. P. 23–27.
- Leversee G.J.* Flow and feeding in fan-shaped colonies of the gorgonian coral *Leptogorgia* // Biol. Bull. 1976. V. 151. P. 344–356.
- Lewitus A.J., Schmidt L.M., Mason L.J. et al.* Harmful algae blooms in South Carolina Residential and Golf Course Ponds // Population and Environmental. 2003. V. 24, N 5. P. 387–413.
- Long E.R.* Studies of marine fouling and boring of Kadiak Island, Alaska // Biol. Berlin. 1972 a. V. 14, N 1. P. 52–57.
- Long E.R.* Marine fouling studies off Oahu, Hawaii // Veliger. 1972 b. V. 17, N 1. P. 3–36.
- Luckens P.A.* Settlement and succession on rocky shores of Auckland North Island, New Zealand // New Zealand Oceanogr. Inst. Met. 1975. N 70. 64 p.
- Margalef R.* Succession of population // Adv. Frontiers Plant. Sci (Institute Adv. Sci. And Culture, New Delhi, India). 1963. V. 2. P. 137–188.
- Marine biodeterioration: An interdisciplinary study. Annapolis, Maryland: Naval Institute Press. 1984. 384 p.
- Marine fouling and its prevention. US Naval. Inst. (Woods Hole Oceanogr. Inst.), 1952. 388 p.
- McArthur R.H., Wilson E.* The theory of island biogeography. New York: Princeton University Press, 1967. 203 p.
- McIntosh R.P.* The relationship between succession and the recovery process in ecosystems // The recovery Process in Damaged Ecosystems / Ed. J. Cairns. Ann Arbor, 1980. P. 11–62.
- Meadows P.S.* Sublittoral fouling communities on northern coasts of Britain // Hydrobiologia. 1969. V. 34, N 3/4. P. 273–295.
- Meesters K.P.H., Groenestijn J.W.V., Gerritse J.* (2003) Biofouling reduction in recirculating cooling systems through biofiltration of process water // Water Res. 2003. V. 37. P. 525–532.
- Mihnea P.E.* Conventional methods applied in population control of the Romanian coastal waters of Black Sea // Science of the Total Environment. Supplement. 1992. P. 1165–1178.
- Mihnea P.E.* Major shifts in the phytoplankton community (1980–1994) in the Romanian Black Sea // Oceanologia Acta. 1997. V. 20, N 1. P. 119–129.
- Millard N.* Observations and experiments of fouling organisms in Table Bay Harbour, South Africa // Trans. Roy Soc. S. Afr. 1952. V. 33 (4). P. 415–445.
- Mills E.I.* The community concept in marine zoology, with comments on continua and instability in some marine communities: a review // J. Fish. Res. Board. Can. 1969. V. 26. P. 1415–1428.
- Miron G., Pelletier P., Bourget E.* Optimizing the design of giant scallop (*Placopecten magellanicus*) spat collectors – flume experiments // Mar. Biol. 1995. V. 123, N 2. P. 285–291.
- Miura T., Kajihara T.* The development of a serpulid worm, *Hydroides ezoensis* (Annelida, Polychaeta) // Proc. Jap. Soc. Syst. Zool. 1981. N 20. P. 7–12.
- Moshchenko A.V., Belan T.A.* Ecological state and long-term changes of macrozoobenthos in the northern part of Amursky Bay (Sea of Japan) // Ecological studies and the state of the ecosystem of Amursky Bay and the estuarine zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan). V. 1. Vladivostok: Dalnauka, 2008. P. 61–91.
- Moshchenko A.V., Belan T.A., Oleynik E.V.* Influence of contamination on communities of soft bottom sediments in Peter The Great Bay, Sea of Japan: choice of variables // Climate variability and human activities in relation to Northeast Asia land-ocean interactions and their implications for coastal zone management. Vladivostok: Dalnauka, 2009. P. 173–204.
- Moshchenko A.V., Zvyagintsev A.Yu.* Composition and structure of macrofouling communities on ocean-going ships of Far East Sea Basin // Ocean and Polar Research. 2001 a. V. 23, N 2. P. 63–75.

- Moshchenko A.V., Zvyagintsev A.Yu.* Distributional characteristics of macrofouling organisms on ocean-going ships of the Far East Sea Basin // Ocean and Polar Research. 2001 *b.* V. 23, N 4. P. 323–335.
- Moshchenko A.V., Zvyagintsev A.Yu.* Composition, Structure and Some Features of Distribution of Fouling Community in the Water Intake Tunnel of Vladivostok Heat and Power Plant // Ocean and Polar Research. 2005. V. 26, No 4. P. 619–633.
- Mullineaux L.S., Butman C.A.* Recruitment of encrusting benthic invertebrates in boundary-layer flows: a deep-water experiment on Cross Seamount // Limnol. Oceanogr. 1990. V. 35, N 2. P. 409–423.
- Mullineaux L.S., Butman C.A.* Initial contact, exploration and attachment of barnacle (*Balanus amphitrite*) cyprids settling in flow // Mar. Biol. 1991. V. 110, N 1. P. 93–103.
- Mullineaux L.S., Garland E.D.* Larval recruitment in response to manipulated field flows // Mar. Biol. 1993. V. 116, N 4. P. 667–683.
- Muzik K., Wainwright S.* Morphology and habitat of five Fijian sea fans // Bull. Mar. Sci. 1977. V. 27, N 2. P. 308–337.
- Nauman J.W., Cory R.L.* Thermal additions and epifaunal organisms at Chalk Point, Maryland // Chesapeake Sci. 1969. V. 10, N 3/4. P. 218–226.
- Niwa S.* Thermal discharges affect on marine biology. Kodaiy taikyu // J. Environ. Plann. And Pollut. Contr. 1973. V. 9, N 6. P. 573–579.
- Oshurkov V.V.* Succession and climax in some fouling communities // Biofouling. 1992. V. 6. P. 1–12.
- Pan Y., Subba Rao D.V.* Impact of domestic sewage effluent on phytoplankton from Bedford Basin, Eastern Canada // Marine Pollution Bulletin. 1997. V. 34, N 12. P. 1001–1005.
- Pearce C.M., Gallager S.M., Manuel J.L.* et al. Effect of thermoclines and turbulence on depth of larval settlement and spat recruitment of the giant scallop *Placopecten magellanicus* in 9.5 m deep laboratory mesocosms // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1998. V. 165. P. 195–215.
- Pearson T.H.* Benthic ecology in an accumulating sludge-disposal site // Oceanic Processes in Marine pollution. V. 1. Biological Processes and Wastes in the Ocean. Malabar (Florida): R.E. Krieger Publ. Co., 1987. P. 194–200.
- Pearson T.H.* Benthic ecology in an accumulating sludge-disposal site // Oceanic Processes in Marine pollution. V. 1. Biological Processes and Wastes in the Ocean. Malabar (Florida): R.E. Krieger Publ. Co., 1987. P. 194–200.
- Radashkevsky V.I.* Unknown vector of organism transportation with ballast water between the Northwest Pacific and Southwest Atlantic // North Pacific Marine Science Organization 17th Annual Meeting. Abstracts. October 23–November 2, 2008. Dalian, China, 2008.
- Rankin K.L., Mullineaux L.S., Geyer W.R.* Transport of juvenile gem clams (*Gemma gemma*) // A headland wake estuaries. 1994. V. 17, N 3. P. 655–667.
- Red tide organisms in Japan An illustrated taxonomic guide. 1990 / Eds. F. Fukuyo, H. Takano, M. Matsuoka. Tokyo: Uchida Rokakuho, 1990. 430 p.
- Riedl R.* Water movement. 5.3. Animals // Marine Ecology / Ed. O. Kinne. London: Wiley, 1971. V. 1. Pt. 2. P. 1123–1156.
- Riedl R., Förstner H.* Wasserbewegung im Mikrobereich des Benthos // Sarsia. 1968. V. 34. P. 163–188.
- Roegner C., Andre C., Lindegarth M., Eckman J.E., Grant J.* Transport of recently settled soft-shell clams (*Mya arenaria L.*) in laboratory flume flow // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1995. V. 187, N 1. P. 13–26.
- Rotschild B.J., Osborn T.R.* Small-scale turbulence and plankton contact rates // J. Plankton Research. 1988. V. 10, N 3. P. 465–474.
- Rubenstein D.I., Koehl M.A.R.* The mechanisms of filter feeding: some theoretical considerations // Am. Nat. 1977. V. 111, N 981. P. 981–994.
- Rygg B.* Effects of sediment copper on benthic fauna // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1985 *a.* V. 25, N 1. P. 83–89.
- Rygg B.* Distribution of species along pollution-induced diversity gradients in benthic communities in Norwegian Fjords // Mar. Pollut. Bull. 1985 *b.* V. 16, N 12. P. 469–474. 2.
- Sakaguchi I.* An overview of the antifouling technologies in power plant cooling water systems // Sessile Organisms. 2003. V. 20, N 1. P. 15–19.
- Scheer B.T.* The development of marine fouling communities // Biol. Bull. 1945. V. 89, N 1. P. 103–121.

- Scheibel W.* Submarine experiments on benthic colonisation of sediments in the western Baltic Sea. 2. Meiofauna // *Mar. Biol.* 1974. V. 28, N 3. P. 165–168.
- Schoener A.* Colonisation curves for planar marine islands // *Ecology*. 1974. V. 55, N 4. P. 818–827.
- Sentz-Bracconot A.* Donees ecologiques sur la fixation d'invertébrés sur des plaques immergées dans la rade Villefranche // *Internat. Rev. Ges. Hydrobiol.* 1966. V. 5. P. 249–354.
- Sergy G.A., Evans J.W.* The settlement and distribution of marine organisms fouling in a seawater pipe system // *Veliger*. 1975. V. 18, N 1. P. 87–92.
- Shaw K.M., Lamshead P.J.D., Platt H.M.* Detection of pollution-induced disturbance in marine benthic assemblages with special references to nematodes // *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 1983. V. 11. P. 195–202.
- Shelford V.E., Weese A.O., Rice L.A., Rasmussen D.J., Mac Lean A.* Some marine Biotic communities of the Pacific coast of North America. Part 1. General survey of the communities // *Ecol. Mon.* 1935. V. 5. P. 249–354.
- Shimeta J., Jumars P.A.* Physical mechanisms and rates of particle capture by suspension-feeders // *Ann. Rev. Oceanogr. Mar. Biol.* 1991. V. 29. P. 191–257.
- Simpson R.D., Dudaitis A.* Changes in the density of zooplankton passing through the cooling system of a power-generating plant // *Water Res.* 1981. V. 15, N 1. P. 133–138.
- Smayda J.S.* Patterns of variability characterizing marine phytoplankton, with examples from Narragansett Bay. ICES // *Jour. Mar. Sci.* 1998. N 55. P. 562–573.
- Smayda T.J.* Succession of phytoplankton, and the ocean as a holoclenotic environment // *Sym. Mar. Microbiol.* / Ed. C.H. Oppenheimer. 1963. Chapter 27. P. 260–274.
- Snelgrove P.V.R., Butman C.A., Grassle J.P.* Hydrodynamic enhancement of larval settlement in the bivalve *Mulinia lateralis* (Say) and the polychaete *Capitella* sp. in microdepositional environments // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1993. V. 168, N 1. P. 71–109.
- Snelgrove P.V.R., Grassle J.P., Butman C.A.* Sediment choice by settling larvae of the bivalve, *Spisula solidissima* (Dillwyn), in flow and still water // *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 1998. V. 231, N 2. P. 171–190.
- Stephens A.R.W.* Marine growth on offshore structures // *Doc. And Harbour Auth.* 1977. V. 58, N 681. P. 158–159.
- Stoner D.S.* Recruitment of a tropical colonial ascidian: relative importance of pre-settlement vs. post-settlement processes // *Ecology*. 1990. V. 71, N 5. P. 1682–1690.
- Stonik I.V., Orlova T.Yu.* Phytoplankton of the coastal waters off Vladivostok (the North-western part of the East Sea) under Eutrophic Conditions // *Ocean and Polar Research*. 2002. V. 24, N 4. P. 359–365.
- Tansley A.G.* The use and abuse of vegetational concepts and terms // *Ecology*. 1935. V. 16, N 3. P. 284–307.
- Taramelli E., Chimens C.* Studi sperimentali e sistematici sue «fouling» nel porto di Civitavecchia // *Rend. Accad. Naz.* XL. 1966. V. 16. P. 151–187.
- Tkalin A.V., Belan T.A., Shapovalov E.N.* The state of the marine environment near Vladivostok, Russia // *Mar. Pollut. Bull.* 1993. V. 26, N 8. P. 418–422.
- UNEP: Statistical analysis and interpretation of marine community data. Reference methods for Marine Pollution Studies. 1995. N 64. 75 p.
- Velikova V.N.* Long-term study of red tides in the western Black sea and their ecological modeling // Xunta de Galicia. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. 1998. P. 192–195.
- Vilicic D.* Phytoplankton population density and volume as indicators of eutrophication in the eastern part of the Adriatic Sea // *Hydrobiologia*. 1989. V. 3, N 8. – P. 117–132.
- Visscher J.P.* Nature and extend of fouling of ship bottoms // *Bull. US Burr. Fish.* 1927. V. 43, N 2. P. 193–252.
- Vollenweider R.A., Marchetti R., Viviani R.* Marine coastal eutrophication. Amsterdam: Elsevier, 1992. 1310 p.
- Warwick R.M.* A new method for detecting pollution effects of marine meiobenthic communities // *Marine Biology*. 1986. V. 92. P. 5
- Welder E.* Ökologische Untersuchungen an Felslitorals von Santa Marta (Kolumbien) // *Helgoländ. wiss. Meeresunters.* 1975. Bd. 27. S. 324–363.
- Westfall R.H., van Staden J.M., Panagos M.D.* Predictive species-area relations and determination of subsample size for vegetation sampling in the Transvaal Waterberg // *Soth African J. Bot.* 1987. V. 53. P. 44–48.
- Whilm J.L.* Comparison of some diversity indices applied to population of benthic macrovertebrates in a stream receiving organics waters // *Jour. Wat. Pollut. Control Fed.* 1967. Ser. 39. P. 1673–1683.

Wieser W. Beziehungen zwischen Mundhöhlengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden, marinen Nematoden // Arkiv für Zoologie. 1953. V. 2. P. 439–484.

Yamada M., Tsuruta A., Yoshida Y. A list of phytoplankton as eutrophic level indicator // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1980a. V. 46, N 12. P. 1435–1438.

Yamada M., Tsuruta A., Yoshida Y. Classification of eutrophic levels in several marine regions // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 1980b. V. 46, N 12. P. 1439–1444.

Young C.-S. Thermal discharges into the coastal waters of Southern California // Rept. S. Calif. Coastal Wat. Res. Project. 1971. V. 1. P. 1–30.

Yunli Y.U., Deguan W., Zhigang W., and Xijun L.A.I. Numerical Simulation of Thermal Discharged Based on FVM Method // Journ. of Ocean Univ. of China. 2006. V. 5, No. 1. P. 7–11.

Zavodnic D., Igc L. Fouling organisms in the Northern Adriatic // 2 Int. Congr. Marine Corrosion and Fouling. 1968. P. 545–548.

Zvyagintsev A.Yu., Sanamyan K.E., Koryakova M.D. The introduction of the ascidian *Molgula manhattensis* (De Kay, 1843) into Peter the Great Bay (Sea of Japan) // Sessile organisms. 2003. V. 20, N 1. P. 7–10.

Websites

<http://www.kesc.com.pk/project-disclosure.html>

www.westonsolutions.com

<http://ses.library.usyd.edu.au/bitstream/2123/1897/1/Desalination%20Plants.pdf>

http://www.citizenscampaign.org/PDFs/Licensed_to_Kill_full_report.pdf

<https://www.fiskeriverket.se/download/18.2fd63c72114a6399bf68000566/PM009-herring.pdf>

http://www.adb.org/Documents/Environment/Vie/vie_seia_nghi_son.pdf

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/244043.pdf>

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Таксономический состав и количественные характеристики обрастания системы охлаждения ТЭЦ-2 г. Владивостока

Таксон	Группа	F	A	SE	B	SE
Algae						
<i>Bryopsis plumosa</i>	Chlorophyta	3,6	–	–	3,0	1,2
<i>Enteromorpha clathrata</i>		0,7	–	–	34,8	24,9
<i>Ulva fenestrata</i>		2,9	–	–	49,7	35,2
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	Rhodophyta	2,9	–	–	10,8	4,7
<i>Ceramium kondoi</i>		2,2	–	–	5,0	3,1
<i>Chondrus armatus</i>		5,8	–	–	26,0	12,9
<i>Conchocelis</i> sp.		0,7	–	–	0,0	0,0
<i>Lithothamnion pacificum</i>		1,4	–	–	0,2	0,1
<i>Ptylota filicina</i>		2,9	–	–	0,4	0,2
Animalia						
<i>Halichondria panicea</i>	Spongia	1,4	–	–	3,4	1,8
<i>Bougainvillia ramosa</i>	Hydrozoa	5,8	–	–	46,9	25,0
<i>Obelia longissima</i>		19,4	–	–	15,1	6,9
<i>Cnidopus japonica</i>	Actiniaria	0,7	1,4	1,0	0,3	0,2
<i>Metridium senile</i>		3,6	18,3	7,4	68,6	32,8
<i>Arabella iricilor</i>	Polychaeta	1,4	7,0	4,1	1,4	0,7
<i>Halosydna brevisetosa</i>		2,2	7,0	4,1	1,0	0,5
<i>Hydroides ezoensis</i>		29,5	–	–	33,2	7,4
<i>Neodexiospira alveolata</i>		10,1	166,2	46,9	0,9	0,2
<i>Nereis multignatha</i>		4,3	9,9	2,9	0,2	0,1
<i>Nereis zonata</i>		0,7	1,4	1,0	0,0	0,0
<i>Nereis</i> sp.		5,0	9,9	3,6	1,2	0,8
<i>Potamilla</i> sp.		13,7	53,5	9,2	2,5	0,5
<i>Pseudopotamilla</i> sp.		0,7	1,4	1,0	0,1	0,1
<i>Typosyllis orientalis</i>		0,7	1,4	1,0	0,0	0,0
<i>Phascolosoma japonica</i>		Sipuncula	3,6	31,0	11,0	74,5
<i>Amphibalanus improvisus</i>	Cirripedia	20,1	176,1	21,8	9,6	2,2
<i>Balanus amphitrite</i>		0,7	1,4	1,0	0,1	0,1
<i>Balanus crenatus</i>		3,6	8,5	2,8	2,8	1,6
<i>Balanus rostratus</i>		32,4	1545,1	222,8	1786,1	321,8
<i>Chthamalus dalli</i>		1,4	200,0	140,9	5,2	3,7

Таксон	Группа	F	A	SE	B	SE	
<i>Cancer amphioetus</i>	Decapoda	1,4	5,6	2,8	2,3	1,2	
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>		10,8	66,2	15,5	77,4	23,0	
<i>Pachycheles stevensii</i>		4,3	83,1	43,8	31,5	12,2	
<i>Palaemon macrodactylus</i>		1,4	8,5	4,5	0,3	0,2	
<i>Pugettia quadridens</i>		3,6	7,0	2,2	1,4	0,5	
<i>Cymodoce acuta</i>	Isopoda	0,7	1,4	1,0	0,2	0,2	
<i>Gnorimosphaeroma ovatum</i>		4,3	9,9	2,9	0,4	0,2	
<i>Ianiropsis serricandis</i>		0,7	1,4	1,0	0,0	0,0	
<i>Limnoria</i> sp.	Isopoda	1,4	2,8	1,4	0,0	0,0	
<i>Munnidae</i> gen. sp.		0,7	1,4	1,0	0,0	0,0	
<i>Paranthura japonica</i>		2,9	8,5	3,1	0,0	0,0	
<i>Caprella cristibrachium</i>	Amphipoda	13,7	191,5	45,7	4,6	1,1	
<i>Caprella mutica</i>		2,2	4,2	1,7	0,2	0,1	
<i>Caprella neglecta</i>		8,6	38,0	10,6	0,3	0,1	
<i>Caprella</i> sp.		15,8	115,5	25,1	0,7	0,2	
<i>Corophium acherusicum</i>		1,4	2,8	1,4	0,0	0,0	
<i>Corophium</i> sp.		1,4	5,6	3,2	0,0	0,0	
<i>Jassa falcata</i>		0,7	4,2	3,0	0,0	0,0	
<i>Jassa marmorata</i>		32,4	1054,9	216,6	7,0	2,0	
<i>Ishyrocerus</i> sp.		3,6	12,7	4,3	0,0	0,0	
<i>Metopelloides barnardi</i>		1,4	5,6	3,2	0,0	0,0	
<i>Metopelloides schellenbergi</i>		0,7	1,4	1,0	0,0	0,0	
<i>Pareurystheus gurjanovae</i>		0,7	4,2	3,0	0,0	0,0	
<i>Parhyale zibellina</i>		0,7	1,4	1,0	0,0	0,0	
<i>Pleusymtes</i> sp.		5,0	14,1	4,6	0,0	0,0	
<i>Prostenothoe sextonae</i>		2,9	8,5	3,7	0,0	0,0	
<i>Lecythorhynchus hilgendorfi</i>		Pantopoda	4,3	18,3	6,1	0,1	0,0
<i>Ischnochiton hakodadensis</i>		Loricata	0,7	1,4	1,0	0,8	0,6
<i>Epheria turrita</i>	Gastropoda	15,1	126,8	30,4	1,3	0,5	
<i>Littorina mandschurica</i>		0,7	1,4	1,0	0,0	0,0	
<i>Mitrella burchardi</i>		1,4	4,2	2,2	0,0	0,0	
<i>Pussilina plicosa</i>		2,2	4,2	1,7	0,0	0,0	
<i>Alvenius ojanus</i>	Bivalvia	2,9	5,6	2,0	0,0	0,0	
<i>Anadara broughtoni</i>		2,9	5,6	2,4	0,0	0,0	
<i>Arca boucardi</i>		7,9	66,2	16,8	310,9	142,3	
<i>Callista breviphonata</i>		7,2	16,9	4,8	0,0	0,0	
<i>Callithaca adamsi</i>		9,4	53,5	13,7	0,2	0,1	
<i>Chlamis farreri nipponensis</i>		0,7	1,4	1,0	0,2	0,2	
<i>Crassostrea gigas</i>		15,8	163,4	32,3	3905,2	1058,2	

Таксон	Группа	F	A	SE	B	SE	
<i>Crenomytilus grayanus</i>	Bivalvia	10,8	57,7	13,3	818,5	330,1	
<i>Entodesma naviculoides</i>		0,7	1,4	1,0	0,0	0,0	
<i>Hiatella arctica</i>		14,4	100,0	18,9	0,6	0,2	
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>		0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Modiolus difficilis</i>		2,2	25,4	10,7	71,9	36,1	
<i>Modiolus modiolus</i>		5,0	29,6	8,6	1340,9	521,0	
<i>Modiolus</i> sp.		0,7	1,4	1,0	0,0	0,0	
<i>Musculista senhousia</i>		0,7	1,4	1,0	0,0	0,0	
<i>Mya japonica</i>		6,5	22,5	5,8	0,0	0,0	
<i>Mya pseudoarenaria</i>		1,4	5,6	2,8	0,0	0,0	
<i>Mya</i> sp.		2,9	5,6	2,0	0,7	0,5	
<i>Mytilus trossulus</i>		23,0	1450,7	436,9	1384,8	381,4	
<i>Ruditapes philippinarum</i>		8,6	21,1	4,7	0,1	0,1	
<i>Septifer keenae</i>		3,6	9,9	3,3	6,4	4,4	
<i>Trapesium (Neotrapesium) liratum</i>		0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	
<i>Turtonia minuta</i>	2,9	8,5	3,7	0,0	0,0		
<i>Bugula pacifica</i>	Bryozoa	9,4	0,0	0,0	1,1	0,3	
<i>Bugula</i> sp.		4,3	0,0	0,0	0,3	0,1	
<i>Conopeum seurati</i>		7,9	0,0	0,0	0,2	0,1	
<i>Amphiodia fissa</i>	Echinodermata	7,9	19,7	4,2	0,1	0,0	
<i>Aphelasterias japonica</i>		1,4	0,0	0,0	1,6	1,0	
<i>Apostichopus japonicus</i>		0,7	4,2	3,0	3,7	2,6	
<i>Asterias amurensis</i>		6,5	10,0	3,3	41,0	11,5	
<i>Distolasterias nipon</i>		2,9	1,5	1,0	20,7	8,0	
<i>Patiria pectinifera</i>		6,5	11,7	4,7	46,8	14,3	
<i>Strongilocentrotus intermedius</i>		5,0	7,3	2,6	110,7	43,0	
<i>Strongilocentrotus nudus</i>		7,2	13,0	4,0	165,9	55,3	
<i>Aplidium tenuicadum</i>		Tunicata	0,7	–	–	1,7	1,2
<i>Diplosoma mitsukurii</i>			0,7	–	–	0,8	0,6
<i>Styela clava</i>	5,8		29,6	8,9	150,1	47,3	

Примечание. *F* – встречаемость, %; *A* – плотность поселения, экз./м²; *B* – биомасса, г/м²; *SE* – ошибка репрезентативности; прочерк означает невозможность измерений.

Некоторые количественные характеристики видов, обнаруженных в выделяемых сообществах (см. рис. 2-1)

Таксон	Группа	F, %	A, экз./м ²	SE, экз./м ²	W _a	B, г/м ²	SE, г/м ²	W _b	$\sqrt{F \times A}$	$\sqrt{F \times B}$	$\sqrt{A \times B}$	SE	R
I. <i>Balanus rostratus</i>													
<i>Balanus rostratus</i>	Cir	100,0	3147,6	563,5	2118,3	4648,9	1218,6	6707,5	561,0	681,8	2860,5	375,1	0,997
<i>Jassa marmorata</i>	Amp	80,0	1123,8	573,0	6136,2	2,8	1,2	10,6	299,8	15,0	47,9	17,8	-0,268
<i>Hydroides ezoensis</i>	Pol	75,0	62,0	18,9	120,6	7,4	3,8	40,7	68,2	23,6	11,7	4,3	0,207
<i>Hiatella arctica</i>	Biv	70,0	271,4	73,4	416,8	2,0	1,1	13,1	137,8	11,7	16,5	5,9	0,491
<i>Balanus improvisus</i>	Cir	60,0	300,0	66,5	310,0	14,3	6,6	63,9	134,2	29,3	55,0	13,5	-0,178
<i>Mytilus trossulus</i>	Biv	60,0	809,5	388,7	3919,5	1495,2	1326,8	24725,3	220,4	299,5	948,0	713,8	-0,281
<i>Potamilla</i> sp.	Pol	55,0	133,3	34,0	182,5	6,0	1,9	12,3	85,6	18,1	26,6	7,7	-0,404
<i>Bugula pacifica</i>	Bry	50,0	—	—	—	2,3	0,9	7,8	—	10,8	—	—	-0,305
<i>Caprella neglecta</i>	Amp	50,0	57,1	42,9	675,0	0,5	0,4	5,9	53,5	5,2	5,5	4,1	-0,292
<i>Obelia longissima</i>	Hyd	45,0	—	—	—	11,2	10,0	186,8	—	22,4	—	—	-0,147
<i>Caprella mutica</i>	Amp	40,0	9,5	6,6	95,0	0,4	0,3	4,9	19,5	3,9	1,8	1,3	-0,243
<i>Caprella</i> sp.	Amp	40,0	200,0	103,0	1115,0	0,9	0,5	4,7	89,4	6,0	12,8	6,4	-0,157
<i>Conopeum seurati</i>	Bry	40,0	—	—	—	0,8	0,2	1,7	—	5,5	—	—	0,604
<i>Crassostrea gigas</i>	Biv	35,0	81,0	30,6	242,4	17,0	10,5	137,0	53,2	24,4	23,3	12,1	-0,152
<i>Mya japonica</i>	Biv	35,0	71,4	24,0	170,0	0,0	0,0	0,1	50,0	1,2	1,7	0,6	-0,361
<i>Caprella cristibrachium</i>	Amp	30,0	323,8	110,2	787,2	7,3	2,9	24,9	98,6	14,8	47,1	17,5	-0,229
<i>Asterias amurensis</i>	Ech	25,0	33,3	14,4	130,0	79,0	37,8	379,4	28,9	44,5	50,0	22,1	0,853
<i>Epheria turrita</i>	Gas	25,0	38,1	20,1	222,5	0,3	0,1	1,1	30,9	2,7	2,6	1,3	0,705
<i>Strongilocentrotus nudus</i>	Ech	25,0	33,3	15,9	160,0	389,0	243,1	3188,8	28,9	98,6	107,4	60,7	0,773
<i>Amphiodia fissa</i>	Ech	20,0	28,6	12,2	110,0	0,3	0,2	1,8	23,9	2,4	2,7	1,3	0,794
<i>Callithaca adamsi</i>	Biv	20,0	90,5	41,3	396,8	0,1	0,0	0,5	42,5	1,4	2,8	1,4	-0,179
<i>Patiria pectinifera</i>	Ech	20,0	38,1	21,2	248,8	65,2	37,5	453,7	27,6	36,1	49,8	28,2	0,771
<i>Ruditapes philippinarum</i>	Biv	20,0	38,1	17,6	170,0	0,1	0,0	0,7	27,6	1,2	1,4	0,7	-0,173
<i>Styela clava</i>	Tun	20,0	71,4	37,9	422,0	370,0	186,3	1970,5	37,8	86,0	162,3	83,7	0,664

Таксон	Группа	F, %	A, экз./м ²	SE, экз./м ²	W _a	B, г/м ²	SE, г/м ²	W _b	$\sqrt{F \times A}$	$\sqrt{F \times B}$	$\sqrt{A \times B}$	SE	R
<i>Bougainvillia ramosa</i>	Hyd	15,0	—	—	—	28,0	16,4	202,3	—	20,5	—	—	0,132
<i>Bugula</i> sp.	Bry	15,0	—	—	—	0,4	0,3	3,4	—	2,5	—	—	0,679
<i>Chondrus armatus</i>	Rho	15,0	—	—	—	0,4	0,3	3,4	—	2,5	—	—	0,525
<i>Crenomytilus grayanus</i>	Biv	15,0	19,0	11,2	137,5	0,1	0,0	0,8	16,9	1,0	0,9	0,6	-0,172
<i>Lecythorhynchus hilgendorffi</i>	Pan	15,0	28,6	19,7	285,0	0,1	0,1	0,9	20,7	1,5	1,9	1,1	-0,039
<i>Modiolus modiolus</i>	Biv	15,0	23,8	13,6	164,0	0,2	0,2	2,1	18,9	1,9	2,3	1,4	0,695
<i>Nereis multignatha</i>	Pol	15,0	19,0	11,2	137,5	0,6	0,5	7,8	16,9	3,0	3,3	2,2	-0,132
<i>Nereis</i> sp.	Pol	15,0	19,0	14,8	242,5	0,2	0,1	1,8	16,9	1,7	1,8	1,3	0,212
<i>Prostenothoe sextonae</i>	Pol	15,0	28,6	17,1	215,0	0,0	0,0	0,1	20,7	0,5	0,6	0,4	-0,197
<i>Septifer keenae</i>	Biv	15,0	14,3	10,4	160,0	0,1	0,1	1,0	14,6	1,2	1,1	0,8	0,377
<i>Ulva fenestrata</i>	Chl	15,0	—	—	—	1,2	0,9	12,5	—	4,3	—	—	0,297
<i>Arca boucardi</i>	Biv	10,0	14,3	10,4	160,0	1,9	1,9	40,0	12,0	4,4	4,3	4,3	-0,165
<i>Balanus crenatus</i>	Cir	10,0	14,3	10,4	160,0	8,6	7,6	142,7	12,0	9,3	10,6	8,7	-0,117
<i>Callista breviphonata</i>	Biv	10,0	38,1	17,6	170,0	0,1	0,0	0,7	19,5	0,8	1,3	0,6	-0,151
<i>Lithothamnion pacificum</i>	Rho	10,0	—	—	—	0,8	0,6	9,7	—	2,8	—	—	0,540
<i>Mya pseudoarenaria</i>	Biv	10,0	19,0	13,1	190,0	0,1	0,0	0,9	13,8	0,7	0,9	0,7	-0,123
<i>Pachycheles stevensii</i>	Dec	10,0	23,8	19,4	332,0	11,6	11,4	236,8	15,4	10,8	15,6	14,7	0,388
<i>Paranthurus japonica</i>	Iso	10,0	19,0	13,1	190,0	0,1	0,0	0,9	13,8	0,7	0,9	0,7	0,119
<i>Stichopus japonicus</i>	Ech	10,0	14,3	14,3	300,0	12,4	12,4	260,0	12,0	11,1	13,3	13,3	0,660
<i>Alveenius ojanus</i>	Biv	5,0	9,5	6,6	95,0	0,0	0,0	0,1	6,9	0,2	0,3	0,2	-0,129
<i>Anadara broughtoni</i>	Biv	5,0	4,8	4,8	98,9	0,0	0,0	0,1	4,9	0,2	0,2	0,2	-0,135
<i>Bryopsis plumosa</i>	Chl	5,0	—	—	—	0,1	0,1	2,0	—	0,7	—	—	0,234
<i>Corophium acherusicum</i>	Amp	5,0	4,8	4,8	100,0	0,0	0,0	0,1	4,9	0,2	0,2	0,2	-0,135
<i>Corophium</i> sp.	Amp	5,0	4,8	4,8	100,0	0,0	0,0	0,1	4,9	0,2	0,2	0,2	-0,129
<i>Cymodoce acuta</i>	Iso	5,0	4,8	4,8	100,0	0,7	0,7	15,0	4,9	1,9	1,8	1,8	0,522
<i>Distolasterias nipon</i>	Ech	5,0	4,8	4,8	100,0	26,2	26,2	550,0	4,9	11,4	11,2	11,2	0,522

Таксон	Группа	F, %	A, экз./м ²	SE, экз./м ²	W _a	B, г/м ²	SE, г/м ²	W _b	$\sqrt{F \times A}$	$\sqrt{F \times B}$	$\sqrt{A \times B}$	SE	R
<i>Entodesma naviculoides</i>	Biv	5,0	4,8	4,8	100,0	0,0	0,0	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0	-0,129
<i>Gnorimosphaeroma ovatum</i>	Iso	5,0	4,8	4,8	100,0	0,1	0,1	2,0	4,9	0,7	0,7	0,7	0,128
<i>Hemigrapsus sanquinius</i>	Dec	5,0	9,5	9,5	200,0	0,5	0,5	10,0	6,9	1,5	2,1	2,1	-0,089
<i>Ishyocerus</i> sp.	Amp	5,0	4,8	4,8	100,0	0,0	0,0	0,3	4,9	0,3	0,3	0,3	-0,101
<i>Metopelloides schellenbergi</i>	Amp	5,0	4,8	4,8	100,0	0,0	0,0	0,1	4,9	0,2	0,2	0,2	-0,101
<i>Metridium senile</i>	Act	5,0	28,6	28,6	600,0	81,0	81,0	1700,0	12,0	20,1	48,1	48,1	0,234
<i>Mizohopecten yessoensis</i>	Biv	5,0	—	—	—	0,0	0,0	0,2	—	0,2	—	—	-0,089
<i>Musculista senhousia</i>	Biv	5,0	4,8	4,8	100,0	0,0	0,0	0,1	4,9	0,2	0,2	0,2	-0,159
<i>Mya</i> sp.	Biv	5,0	9,5	6,6	95,0	0,1	0,0	0,9	6,9	0,5	0,7	0,5	-0,089
<i>Nereis zonata</i>	Pol	5,0	4,8	4,8	100,0	0,0	0,0	1,0	4,9	0,5	0,5	0,5	-0,110
<i>Palaemon macrodactylus</i>	Dec	5,0	9,5	9,5	200,0	0,1	0,1	2,0	6,9	0,7	1,0	1,0	0,386
<i>Pleusymtes</i> sp.	Amp	5,0	4,8	4,8	100,0	0,0	0,0	0,2	4,9	0,2	0,2	0,2	-0,159
<i>Pseudopotamilla</i> sp.	Pol	5,0	4,8	4,8	100,0	0,2	0,2	5,0	4,9	1,1	1,1	1,1	0,012
<i>Ptylota filicina</i>	Rho	5,0	—	—	—	0,2	0,2	4,0	—	1,0	—	—	0,234
<i>Strongilocentrotus intermedius</i>	Ech	5,0	19,0	11,2	137,5	78,1	45,6	558,2	9,8	19,8	38,5	22,5	-0,037

II. *Mytilus trossulus*

<i>Mytilus trossulus</i>	Biv	100,0	6923,1	2962,9	16484,0	7277,7	2349,1	9857,4	832,1	853,1	5777,8	1508,9	1,000
<i>Jassa marmorata</i>	Amp	84,6	1207,7	504,7	2741,4	17,8	13,6	135,6	319,7	38,8	109,8	50,1	-0,266
<i>Obelia longissima</i>	Hyd	61,5	—	—	—	62,2	49,3	508,0	—	61,9	—	—	-0,075
<i>Hydroides ezoensis</i>	Pol	53,8	69,2	32,8	201,9	9,1	3,6	18,6	61,1	22,1	16,3	7,7	0,037
<i>Caprella cristibrachium</i>	Amp	46,2	192,3	106,5	766,7	8,7	5,3	42,1	94,2	20,0	40,5	23,8	-0,156
<i>Caprella</i> sp.	Amp	46,2	146,2	65,6	383,3	1,4	0,8	6,7	82,1	8,0	13,5	7,4	0,119
<i>Epheria turrita</i>	Gas	46,2	292,3	166,2	1228,5	4,0	3,0	30,0	116,2	13,6	27,8	15,7	0,278
<i>Balanus rostratus</i>	Cir	38,5	276,9	123,6	717,1	32,0	16,4	109,2	103,2	35,1	89,2	40,9	0,208
<i>Caprella neglecta</i>	Amp	38,5	69,2	30,8	177,8	0,5	0,3	2,5	51,6	4,4	5,4	2,8	0,185
<i>Crenomytilus grayanus</i>	Biv	38,5	146,2	80,6	577,2	1,0	0,8	7,8	75,0	6,1	11,1	7,7	0,275
<i>Ruditapes philippinarum</i>	Biv	38,5	46,2	21,5	130,6	0,1	0,1	0,6	42,1	2,2	1,5	0,7	0,153

Таксон	Группа	F, %	A, экз./м ²	SE, экз./м ²	W _a	B, г/м ²	SE, г/м ²	W _b	$\sqrt{F \times A}$	$\sqrt{F \times B}$	$\sqrt{A \times B}$	SE	R
<i>Balanus improvisus</i>	Cir	30,8	115,4	55,3	344,4	5,8	3,2	23,1	59,6	13,3	22,9	10,1	0,159
<i>Callithaca adamsi</i>	Biv	30,8	123,1	73,5	570,8	0,7	0,6	7,5	61,5	4,5	7,5	6,1	0,327
<i>Hiatella arctica</i>	Biv	30,8	69,2	30,8	177,8	0,1	0,1	0,8	46,2	1,8	2,2	1,2	-0,257
<i>Potamilla</i> sp.	Pol	30,8	30,8	17,5	129,2	1,5	0,9	6,5	30,8	6,7	6,4	3,8	-0,244
<i>Turtonia minuta</i>	Biv	30,8	46,2	26,8	202,8	0,0	0,0	0,1	37,7	1,0	1,0	0,5	-0,449
<i>Amphiodia fissa</i>	Ech	23,1	38,5	21,3	153,3	0,2	0,1	0,8	29,8	2,0	2,3	1,3	0,720
<i>Anadara broughtoni</i>	Biv	23,1	30,8	17,5	129,2	0,0	0,0	0,1	26,6	0,7	0,8	0,4	0,170
<i>Bougainvillia ramosa</i>	Hyd	23,1	—	—	—	20,6	16,2	166,3	—	21,8	—	—	0,148
<i>Callista brevipinnata</i>	Biv	23,1	30,8	20,8	183,3	0,0	0,0	0,2	26,6	0,9	0,9	0,7	0,143
<i>Hemigrapsus sanquineus</i>	Dec	23,1	38,5	26,6	239,4	11,8	10,7	126,7	29,8	16,5	7,1	4,3	-0,229
<i>Ischyrocerus</i> sp.	Amp	23,1	38,5	21,3	153,3	0,2	0,1	0,8	29,8	2,1	2,5	1,4	-0,014
<i>Pleusymtes</i> sp.	Amp	23,1	23,1	12,2	83,3	0,0	0,0	0,3	23,1	1,0	1,0	0,6	-0,185
<i>Alvegnus ojanus</i>	Biv	15,4	15,4	10,4	91,7	0,0	0,0	0,1	15,4	0,5	0,5	0,3	0,364
<i>Arca boucardi</i>	Biv	15,4	30,8	20,8	183,3	0,0	0,0	0,2	21,8	0,6	0,8	0,6	0,174
<i>Cancer amphioetus</i>	Dec	15,4	30,8	20,8	183,3	12,3	9,0	85,5	21,8	13,8	19,1	13,2	0,417
<i>Gnorimosphaeroma ovatum</i>	Iso	15,4	23,1	16,6	155,6	1,6	1,5	19,8	18,8	4,9	3,9	3,4	0,297
<i>Halosydna brevisetosa</i>	Pol	15,4	30,8	30,8	400,0	1,6	1,5	18,9	21,8	5,0	6,9	6,9	-0,103
<i>Nereis multignatha</i>	Pol	15,4	15,4	10,4	91,7	0,1	0,1	0,9	15,4	1,1	1,0	0,8	-0,259
<i>Pugettia quadridens</i>	Dec	15,4	15,4	10,4	91,7	1,2	1,1	14,0	15,4	4,4	3,7	3,0	-0,042
<i>Aphelasteria japonica</i>	Ech	7,7	—	—	—	7,7	7,7	100,0	—	7,7	—	—	0,299
<i>Bugula pacifica</i>	Bry	7,7	—	—	—	0,4	0,4	5,0	—	1,7	—	—	0,318
<i>Caprella mutica</i>	Amp	7,7	7,7	7,7	100,0	0,3	0,3	4,0	7,7	1,5	1,5	1,5	0,318
<i>Conopeum seurati</i>	Bry	7,7	—	—	—	0,1	0,1	1,0	—	0,8	—	—	0,176
<i>Corophium acherusicum</i>	Amp	7,7	7,7	7,7	100,0	0,0	0,0	0,1	7,7	0,2	0,2	0,2	-0,235
<i>Crassostrea gigas</i>	Biv	7,7	7,7	7,7	100,0	0,8	0,8	10,0	7,7	2,4	2,4	2,4	-0,235
<i>Lecythorhynchus hilgendorffi</i>	Pan	7,7	30,8	30,8	400,0	0,1	0,1	1,0	15,4	0,8	1,5	1,5	0,176

Таксон	Группа	F, %	A, экз./м ²	SE, экз./м ²	W _a	B, г/м ²	SE, г/м ²	W _b	$\sqrt{F \times A}$	$\sqrt{F \times B}$	$\sqrt{A \times B}$	SE	R
<i>Littorina mandschurica</i>	Gas	7,7	7,7	7,7	100,0	0,0	0,0	0,1	7,7	0,2	0,2	0,2	-0,063
<i>Metopelloides barnardi</i>	Amp	7,7	7,7	7,7	100,0	0,0	0,0	0,1	7,7	0,2	0,2	0,2	-0,193
<i>Mitrella burchari</i>	Gas	7,7	7,7	7,7	100,0	0,1	0,1	1,0	7,7	0,8	0,8	0,8	0,176
<i>Modiolus difficilis</i>	Biv	7,7	30,8	30,8	400,0	0,4	0,4	5,0	15,4	1,7	3,4	3,4	0,176
<i>Modiolus</i> sp.	Biv	7,7	7,7	7,7	100,0	0,0	0,0	0,1	7,7	0,2	0,2	0,2	-0,256
<i>Mya japonica</i>	Biv	7,7	-	-	-	0,0	0,0	0,1	-	0,2	-	-	-0,063
<i>Mya</i> sp.	Biv	7,7	7,7	7,7	100,0	0,0	0,0	0,2	7,7	0,3	0,3	0,3	0,728
<i>Nereis</i> sp.	Pol	7,7	7,7	7,7	100,0	0,1	0,1	1,0	7,7	0,8	0,8	0,8	0,318
<i>Pachycheles stevensii</i>	Dec	7,7	7,7	7,7	100,0	0,1	0,1	1,0	7,7	0,8	0,8	0,8	0,318
<i>Paranthurus japonica</i>	Iso	7,7	7,7	7,7	100,0	0,0	0,0	0,1	7,7	0,2	0,2	0,2	0,299
<i>Parhyale zibellina</i>	Amp	7,7	7,7	7,7	100,0	0,0	0,0	0,1	7,7	0,2	0,2	0,2	-0,223
<i>Prostenothoe sextonae</i>	Amp	7,7	-	-	-	0,0	0,0	0,1	-	0,2	-	-	0,318
<i>Typosyllis orientalis</i>	Pol	7,7	7,7	7,7	100,0	0,0	0,0	0,1	7,7	0,2	0,2	0,2	0,299

III. *Jassa marmorata*

<i>Jassa marmorata</i>	Amp	100,0	2118,2	1321,3	9066,1	9,8	3,1	10,5	460,2	31,3	127,8	62,0	0,932
<i>Obelia longissima</i>	Hyd	54,5	-	-	-	2,2	1,3	8,8	-	11,0	-	-	0,355
<i>Caprella</i> sp.	Amp	45,5	81,8	35,2	166,7	0,1	0,0	0,1	61,0	1,6	1,8	0,7	0,652
<i>Balanus crenatus</i>	Cir	27,3	27,3	14,1	80,0	1,5	0,9	5,4	27,3	6,5	6,4	3,4	0,829
<i>Balanus rostratus</i>	Cir	27,3	27,3	14,1	80,0	0,3	0,2	1,5	27,3	2,8	2,5	1,5	-0,247
<i>Pleusymtes</i> sp.	Amp	27,3	54,5	36,6	270,0	0,1	0,1	0,8	38,6	1,7	2,4	1,8	0,921
<i>Balanus improvisus</i>	Cir	18,2	27,3	19,5	153,3	0,3	0,2	1,5	22,3	2,2	2,6	1,7	0,019
<i>Caprella neglecta</i>	Amp	18,2	27,3	19,5	153,3	0,2	0,2	1,9	22,3	1,9	2,1	1,8	0,944
<i>Caprella cristibrachium</i>	Amp	9,1	318,2	318,2	3500,0	4,3	4,3	47,0	53,8	6,2	36,9	36,9	0,938
<i>Neodexiospira alveolata</i>	Pol	9,1	9,1	9,1	100,0	0,1	0,1	1,0	9,1	0,9	0,9	0,9	0,944
<i>Gnorimosphaeroma ovatum</i>	Iso	9,1	9,1	9,1	100,0	0,2	0,2	2,0	9,1	1,3	1,3	1,3	0,113
<i>Hiatella arctica</i>	Biv	9,1	9,1	9,1	100,0	0,0	0,0	0,1	9,1	0,3	0,3	0,3	0,944
<i>Hydroides ezoensis</i>	Pol	9,1	9,1	9,1	100,0	0,1	0,1	1,0	9,1	0,9	0,9	0,9	0,944
<i>Ianiropsis serricandis</i>	Iso	9,1	9,1	9,1	100,0	0,0	0,0	0,1	9,1	0,3	0,3	0,3	0,944

Таксон	Группа	F, %	A, экз./м ²	SE, экз./м ²	W _a	B, г/м ²	SE, г/м ²	W _b	$\sqrt{F \times A}$	$\sqrt{F \times B}$	$\sqrt{A \times B}$	SE	R
IV. <i>Crassostrea gigas</i> + <i>Balanus rostratus</i>													
<i>Crassostrea gigas</i>	Biv	100,0	650,0	94,5	109,9	32620,0	7757,9	14760,1	255,0	1806,1	4500,5	895,7	1,000
<i>Balanus rostratus</i>	Cir	100,0	2650,0	960,1	2782,7	492,5	142,8	331,5	514,8	221,9	1112,7	338,8	0,907
<i>Hemigrapsus sanquineus</i>	Dec	100,0	462,5	113,3	222,0	635,0	201,7	512,8	215,1	252,0	448,8	141,5	0,621
<i>Hydroides ezoensis</i>	Pol	100,0	—	—	—	42,5	13,5	34,1	—	65,2	—	—	0,156
<i>Amphibalanus improvisus</i>	Cir	62,5	187,5	74,3	235,2	11,9	5,2	18,3	108,3	27,2	46,4	19,3	0,534
<i>Epheria turrita</i>	Gas	62,5	200,0	98,2	385,7	1,8	1,2	6,5	111,8	10,5	17,9	10,5	-0,496
<i>Mytilus trossulus</i>	Biv	50,0	237,5	96,2	312,0	2,0	0,8	2,7	109,0	10,0	21,6	8,7	0,233
<i>Neodextiospira alveolata</i>	Pol	50,0	400,0	233,8	1092,9	1,1	0,6	2,7	141,4	7,5	20,1	11,5	0,170
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	Rho	37,5	—	—	—	63,8	47,7	285,9	—	48,9	—	—	-0,680
<i>Chondrus armatus</i>	Rho	37,5	—	—	—	50,0	34,0	185,3	—	43,3	—	—	-0,569
<i>Ruditapes phillipinarum</i>	Biv	37,5	37,5	18,3	71,4	0,9	0,6	3,4	37,5	5,7	5,3	2,9	0,700
<i>Arca boucardi</i>	Biv	12,5	12,5	12,5	100,0	0,1	0,1	1,0	12,5	1,3	1,3	1,3	-0,133
<i>Balanus amphitrite</i>	Cir	12,5	12,5	12,5	100,0	0,6	0,6	5,0	12,5	2,8	2,8	2,8	-0,227
<i>Bryopsis plumosa</i>	Cir	12,5	—	—	—	3,8	3,8	30,0	—	6,8	—	—	-0,565
<i>Bugula pacifica</i>	Bry	12,5	—	—	—	0,1	0,1	1,0	—	1,3	—	—	0,534
<i>Ceramium kondoi</i>	Rho	12,5	—	—	—	6,3	6,3	50,0	—	8,8	—	—	-0,309
<i>Corophium</i> sp.	Amp	12,5	37,5	37,5	300,0	0,1	0,1	1,0	21,7	1,3	2,2	2,2	-0,565
<i>Jassa falcata</i>	Amp	12,5	37,5	37,5	300,0	0,1	0,1	1,0	21,7	1,3	2,2	2,2	0,309
<i>Metridium senile</i>	Act	12,5	12,5	12,5	100,0	31,3	31,3	250,0	12,5	19,8	19,8	19,8	-0,309
<i>Mya</i> sp.	Biv	12,5	12,5	12,5	100,0	6,3	6,3	50,0	12,5	8,8	8,8	8,8	0,534
<i>Pugetia quadridens</i>	Dec	12,5	12,5	12,5	100,0	2,5	2,5	20,0	12,5	5,6	5,6	5,6	-0,309

Таксон	Группа	F, %	A, экз./м ²	SE, экз./м ²	W _a	B, г/м ²	SE, г/м ²	W _b	$\sqrt{F \times A}$	$\sqrt{F \times B}$	$\sqrt{A \times B}$	SE	R
<i>Pussilina plicosa</i>	Gas	12,5	12,5	12,5	100,0	0,1	0,1	1,0	12,5	1,3	1,3	1,3	0,088
<i>Trapesium liratum</i>	Biv	12,5	—	—	—	0,1	0,1	1,0	—	1,3	—	—	-0,133
<i>V. Modiolus modiolus + Pachycheles stevensii</i>													
<i>Modiolus modiolus</i>	Biv	100,0	400,0	70,7	50,0	23800,0	6473,4	7042,9	200,0	1542,7	3011,6	630,0	0,554
<i>Arca boucardi</i>	Biv	100,0	550,0	144,3	151,5	5320,0	2741,7	5651,7	234,5	729,4	1646,2	653,7	-0,689
<i>Asterias amurensis</i>	Ech	100,0	3,0	0,9	1,1	312,5	153,2	300,6	17,3	176,8	29,2	12,9	0,714
<i>Balanus rostratus</i>	Cir	100,0	375,0	85,4	77,8	1915,0	612,3	783,1	193,6	437,6	777,4	135,7	-0,721
<i>Crenomytilus grayanus</i>	Biv	100,0	300,0	91,3	111,1	14375,0	4837,1	6510,6	173,2	1199,0	2068,1	664,6	0,880
<i>Hydroïdes ezoensis</i>	Pol	100,0	—	—	—	305,0	107,0	150,1	—	174,6	—	—	0,022
<i>Neodextiospira alveolata</i>	Pol	100,0	675,0	75,0	33,3	4,5	1,2	1,3	259,8	21,2	51,9	8,8	-0,524
<i>Patiria pectinifera</i>	Ech	100,0	7,0	1,8	1,8	477,5	213,7	382,6	26,5	218,5	55,5	17,7	-0,352
<i>Phascolosoma japonica</i>	Sip	100,0	400,0	141,4	200,0	1062,5	391,8	577,8	200,0	326,0	585,7	119,6	-0,767
<i>Strongilocentrotus nudus</i>	Ech	100,0	5,5	0,5	0,2	837,5	271,9	353,0	23,5	289,4	65,4	13,1	0,827
<i>Crassostrea gigas</i>	Biv	75,0	200,0	135,4	366,7	1235,0	928,5	2792,4	122,5	304,3	349,0	149,1	0,623
<i>Pachycheles stevensii</i>	Dec	75,0	1325,0	998,6	3010,7	497,5	196,4	310,1	315,2	193,2	650,5	279,3	-0,367
<i>Strongilocentrotus intermedius</i>	Ech	75,0	5,0	2,0	3,3	1535,0	839,6	1836,9	19,4	339,3	81,1	34,6	0,862
<i>Septifer keenae</i>	Biv	75,0	100,0	40,8	66,7	112,5	109,2	423,8	86,6	91,9	82,9	71,6	0,485
<i>Bugula</i> sp.	Bry	50,0	—	—	—	3,0	1,9	4,9	—	12,2	—	—	0,448
<i>Distolasterias nipon</i>	Ech	50,0	1,8	1,2	3,2	200,0	122,5	300,0	9,4	100,0	18,6	11,9	0,159
<i>Epheria turrita</i>	Gas	50,0	75,0	47,9	122,2	0,1	0,0	0,1	61,2	1,6	1,9	1,1	0,331
<i>Halichondria panicea</i>	Spo	50,0	—	—	—	60,0	38,3	97,8	—	54,8	—	—	-0,614
<i>Phylota filicina</i>	Rho	50,0	—	—	—	6,3	3,8	9,0	—	17,7	—	—	0,431
<i>Styela clava</i>	Tun	50,0	50,0	28,9	66,7	120,0	69,8	162,2	50,0	77,5	77,4	44,8	-0,230
<i>Amphiodia fissa</i>	Ech	25,0	25,0	25,0	100,0	0,0	0,0	0,1	25,0	0,8	0,8	0,8	-0,884
<i>Arabella iricolor</i>	Pol	25,0	25,0	25,0	100,0	9,0	9,0	36,0	25,0	15,0	15,0	15,0	0,528
<i>Bryopsis plumosa</i>	Cho	25,0	—	—	—	20,0	20,0	80,0	—	22,4	—	—	-0,884
<i>Ceramium kondoi</i>	Rho	25,0	—	—	—	0,5	0,5	2,0	—	3,5	—	—	-0,884

Таксон	Группа	F, %	A, экз./м ²	SE, экз./м ²	W _a	B, г/м ²	SE, г/м ²	W _b	$\sqrt{F \times A}$	$\sqrt{F \times B}$	$\sqrt{A \times B}$	SE	R
<i>Conchocelis</i> sp.	Rho	25,0	—	—	—	0,0	0,0	0,1	—	0,8	—	—	0,502
<i>Conoreum seurati</i>	Bry	25,0	—	—	—	0,0	0,0	0,1	—	0,8	—	—	-0,884
<i>Hemigrapsus sanquineus</i>	Dec	25,0	50,0	50,0	200,0	1,3	1,3	5,0	35,4	5,6	7,9	7,9	-0,146
<i>Ischnochiton hakodadensis</i>	Lor	25,0	25,0	25,0	100,0	15,0	15,0	60,0	25,0	19,4	19,4	19,4	-0,146
<i>Mitrella burchardi</i>	Gas	25,0	50,0	50,0	200,0	0,0	0,0	0,1	35,4	0,8	1,1	1,1	0,502
<i>Mya japonica</i>	Biv	25,0	25,0	25,0	100,0	0,0	0,0	0,1	25,0	0,8	0,8	0,8	0,528
<i>Nereis</i> sp.	Pol	25,0	—	—	—	20,0	20,0	80,0	—	22,4	—	—	0,528
VI. <i>Amphibalanus improvisus</i>													
<i>Amphibalanus improvisus</i>	Cir	100,0	633,3	88,2	36,8	61,3	49,3	119,0	251,7	78,3	161,8	74,3	1,000
<i>Jassa marmorata</i>	Amp	66,7	266,7	176,4	350,0	1,5	1,2	3,0	133,3	10,1	20,0	14,8	-0,371
<i>Mytilus trossulus</i>	Biv	66,7	233,3	145,3	271,4	0,7	0,3	0,5	124,7	6,7	12,2	6,5	0,503
<i>Obelia longissima</i>	Hyd	66,7	—	—	—	0,1	0,0	0,1	—	2,1	—	—	0,503
<i>Potamilla</i> sp.	Pol	66,7	66,7	33,3	50,0	0,1	0,0	0,1	66,7	2,1	2,1	1,1	0,503
<i>Balanus rostratus</i>	Cir	33,3	166,7	166,7	500,0	40,0	40,0	120,0	74,5	36,5	81,6	81,6	1,000
<i>Callista breviphonata</i>	Biv	33,3	0,5	0,4	1,0	0,0	0,0	0,1	4,1	1,1	0,0	0,0	1,000
<i>Caprella cristibrachium</i>	Amp	33,3	0,5	0,4	1,0	0,3	0,3	1,0	4,1	3,3	0,0	0,0	1,000
<i>Caprella neglecta</i>	Amp	33,3	100,0	100,0	300,0	0,0	0,0	0,1	57,7	1,1	1,8	1,8	1,000
<i>Hydroides ezoensis</i>	Pol	33,3	100,0	100,0	300,0	5,0	5,0	15,0	57,7	12,9	22,4	22,4	1,000
<i>Munnidae</i> gen. sp.	Iso	33,3	33,3	33,3	100,0	0,0	0,0	0,1	33,3	1,1	1,1	1,1	-0,497
<i>Neodexiospira abeolata</i>	Pol	33,3	133,3	133,3	400,0	1,3	1,3	4,0	66,7	6,7	13,3	13,3	-0,503
<i>Nereis</i> sp.	Pol	33,3	33,3	33,3	100,0	0,0	0,0	0,1	33,3	1,1	1,1	1,1	1,000
VII. <i>Hydroides ezoensis</i>													
<i>Hydroides ezoensis</i>	Pol	100,0	—	—	—	120,0	20,0	10,0	—	109,5	—	—	0,999
<i>Neodexiospira abeolata</i>	Pol	100,0	500,0	208,2	260,0	3,7	1,5	1,7	223,6	19,1	42,5	17,2	-0,780
<i>Jassa marmorata</i>	Amp	66,7	200,0	100,0	150,0	0,4	0,3	0,8	115,5	4,9	7,6	5,1	0,384
<i>Balanus improvisus</i>	Cir	33,3	133,3	133,3	400,0	4,0	4,0	12,0	66,7	11,5	23,1	23,1	0,467

Таксон	Группа	F, %	A, экз./м ²	SE, экз./м ²	W _a	B, г/м ²	SE, г/м ²	W _b	$\sqrt{F \times A}$	$\sqrt{F \times B}$	$\sqrt{A \times B}$	SE	R
<i>Bryopsis plumosa</i>	Cho	33,3	—	—	—	4,7	4,7	14,0	—	12,5	—	—	0,533
<i>Conoreum seurati</i>	Bry	33,3	—	—	—	0,0	0,0	0,1	—	1,1	—	—	0,533
<i>Epheria turrita</i>	Gas	33,3	200,0	200,0	600,0	0,0	0,0	0,1	81,6	1,1	2,6	2,6	-0,999
<i>Phylota filicina</i>	Rho	33,3	—	—	—	0,3	0,3	1,0	—	3,3	—	—	0,467
VIII. <i>Balanus rostratus</i> + <i>Crassostrea gigas</i>													
<i>Balanus rostratus</i>	Cir	100,0	1150,0	350,0	213,0	6500,0	4500,0	6230,8	339,1	806,2	2663,5	1398,6	—
<i>Crassostrea gigas</i>	Biv	100,0	1700,0	800,0	752,9	5500,0	3000,0	3272,7	412,3	741,6	2632,9	132,9	—
<i>Amphiodia fissa</i>	Ech	100,0	100,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	100,0	10,0	10,0	0,0	—
<i>Arca boucardi</i>	Biv	100,0	850,0	50,0	5,9	375,0	195,0	202,8	291,5	193,6	547,9	168,4	—
<i>Crenomytilus grayanus</i>	Biv	100,0	150,0	50,0	33,3	88,0	82,0	152,8	122,5	93,8	104,4	79,9	—
<i>Modiolus diffilis</i>	Biv	100,0	700,0	100,0	28,6	2550,0	150,0	17,6	264,6	505,0	1329,2	56,4	—
<i>Arabella incilior</i>	Pol	50,0	200,0	200,0	400,0	30,0	30,0	60,0	100,0	38,7	77,5	77,5	—
<i>Bougainvillia ramosa</i>	Hyd	50,0	—	—	—	7,5	7,5	15,0	—	19,4	—	—	—
<i>Chlamis farreri nipponensis</i>	Biv	50,0	50,0	50,0	100,0	7,5	7,5	15,0	50,0	19,4	19,4	19,4	—
<i>Halosydna brevisetosa</i>	Pol	50,0	50,0	50,0	100,0	25,0	25,0	50,0	50,0	35,4	35,4	35,4	—
<i>Limnoria</i> sp.	Iso	50,0	50,0	50,0	100,0	0,5	0,5	1,0	50,0	5,0	5,0	5,0	—
<i>Metridium senile</i>	Act	50,0	50,0	50,0	100,0	25,0	25,0	50,0	50,0	35,4	35,4	35,4	—
<i>Mya</i> sp.	Biv	50,0	50,0	50,0	100,0	0,5	0,5	1,0	50,0	5,0	5,0	5,0	—
<i>Nereis</i> sp.	Pol	50,0	50,0	50,0	100,0	0,5	0,5	1,0	50,0	5,0	5,0	5,0	—
<i>Phascolosoma japonica</i>	Sip	50,0	300,0	300,0	600,0	520,0	520,0	1040,0	122,5	161,2	395,0	395,0	—
<i>Pussilina plicosa</i>	Gas	50,0	50,0	50,0	100,0	0,5	0,5	1,0	50,0	5,0	5,0	5,0	—

Примечание. Виды в сообществах сортированы по встречаемости: Act – Actiniaria, Amp – Amphiroda, Biv – Bivalvia, Bry – Bryozoa, Chl – Chlorophyta, Cir – Cirripedia, Dec – Decapoda, Ech – Echinodermata, Gas – Gastropoda, Hyd – Hydrozoa, Iso – Isopoda, Log – Logicata, Pan – Pantopoda, Pol – Polychaeta, Rho – Rhodophyta, Sip – Sipuncula, Spro – Spongia, Tup – Tubicata; F – встречаемость, %, A – плотность поселения, экз./м²; B – биомасса, г/м²; W_a и W_b – индексы рассеяния для плотности поселения и биомассы (жирным шрифтом выделены W_a, не противоречащие случайному распределению соответственно; R – коэффициент корреляции биомассы отдельного вида с общей биомассой; SE – ошибка репрезентативности; прочерк означает невозможность измерения (вычисления).

Количественные характеристики видов, найденных в отдельных пробах (см. рис. 2-1)

Проба (Сообщество)	Таксон	Группа	A, экз./м ²	B, г/м ²
PR147 (IX)	<i>Metridium senile</i>	Act	400	2800
	<i>Styela clava</i>	Tun	300	2400
	<i>Balanus rostratus</i>	Cir	200	1400
	<i>Strongilocentrotus nudus</i>	Ech	200	260
	<i>Aplidium tenuicadum</i>	Tun	1	120
	<i>Distolasterias nipon</i>	Ech	1	120
	<i>Strongilocentrotus intermedius</i>	Ech	100	80
	<i>Diplosoma mitsukurii</i>	Tun	–	60
	<i>Patiria pectinifera</i>	Ech	1	40
VS406 (X)	<i>Bougainvillia ramosa</i>	Hyd	–	2460
	<i>Crenomytilus grayanus</i>	Biv	300	420
	<i>Hydroides ezoensis</i>	Pol	–	140
	<i>Metridium senile</i>	Act	100	70
	<i>Jassa marmorata</i>	Amp	2500	1
	<i>Caprella</i> sp.	Amp	600	1
	<i>Lecythorhynchus hilgendorfi</i>	Pan	200	1
	<i>Pussilina plicosa</i>	Gas	100	1
	<i>Bugula</i> sp.	Bry	–	1
RF149 (XI)	<i>Chthamalus dalli</i>	Cir	14000	370
	<i>Crassostrea gigas</i>	Biv	400	4
	<i>Gnorimosphaeroma ovatum</i>	Iso	100	1
DR379 (XII)	<i>Enteromorpha clathrata</i>	Chl	–	2470
RF150 (XIII)	<i>Ulva fenestrata</i>	Chl	–	3500
	<i>Ceramium kondoi</i>	Rho	–	300
	<i>Chondrus armatus</i>	Rho	–	200
	<i>Neodexiospira alveolata</i>	Pol	4000	20
	<i>Palaemon macrodactylus</i>	Dec	400	20
	<i>Pugettia quadridens</i>	Dec	100	20
	<i>Aphelasterias japonica</i>	Ech	1	15
	<i>Chthamalus dalli</i>	Cir	200	2
	<i>Jassa marmorata</i>	Amp	300	1
	<i>Caprella</i> sp.	Amp	100	1
	<i>Epheria turrita</i>	Gas	100	1
DR380 (XIV)	<i>Chondrus armatus</i>	Rho	–	1240
	<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	Rho	–	260
	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	Dec	2	240
	<i>Bryopsis plumosa</i>	Chl	–	90
	<i>Pugettia quadridens</i>	Dec	100	40
	<i>Epheria turrita</i>	Gas	1800	22

Проба (Сообщество)	Таксон	Группа	A, экз./м ²	B, г/м ²
DR380 (XIV)	<i>Cnidopus japonica</i>	Act	100	20
	<i>Gnorimosphaeroma ovatum</i>	Iso	100	1
	<i>Lecythorhyncus hilgendorfi</i>	Pan	100	1

Примечание. Виды в сообществах сортированы по встречаемости; Act – Actiniaria, Amp – Amphipoda, Biv – Bivalvia, Bry – Bryozoa, Chl – Chlorophyta, Cir – Cirripedia, Dec – Decapoda, Ech – Echinodermata, Gas – Gastropoda, Hyd – Hydrozoa, Iso – Isopoda, Pan – Pantopoda, Pol – Polychaeta, Rho – Rhodophyta, Tun – Tunicata; A – плотность поселения; B – биомасса; прочерк означает невозможность измерения.

Таблица 4

**Коэффициенты корреляции Пирсона количественных характеристик
в сообществах макрообитателей**

Параметр	A	B	H	e	Параметр	A	B	H	e
Все сообщества					I. <i>Balanus rostratus</i>				
S	0,368	0,307	0,344	-0,668	S	0,566	0,168	-0,102	-0,593
A		0,015	-0,036	-0,348	A		-0,279	-0,247	-0,478
B			0,088	-0,312	B			0,089	-0,017
H				0,290	H				0,852
II. <i>Mytilus trossulus</i>					III. <i>Jassa marmorata</i>				
S	-0,115	0,282	0,297	-0,709	S	0,898	0,947	0,769	-0,723
A		0,125	0,151	0,463	A		0,938	0,482	-0,705
B			-0,502	-0,595	B			0,668	-0,693
H				0,348	H				-0,233
IV. <i>Crassostrea gigas</i> + <i>Balanus rostratus</i>					V. <i>Modiolus modiolus</i> + <i>Pachycheles stevensii</i>				
S	0,236	0,075	0,474	0,007	S	0,261	0,884	-0,571	-0,623
A		0,812	-0,324	-0,514	A		0,561	0,277	0,244
B			-0,646	-0,769	B			-0,134	-0,196
H				0,882	H				0,998
VI. <i>Amphibalanus improvisus</i>					VII. <i>Hydroides ezoensis</i>				
S	0,968	0,898	0,920	-0,945	S	-0,158	0,529	0,311	-0,729
A		0,980	0,791	-0,832	A		-0,921	-0,988	-0,560
B			0,653	-0,705	B			0,971	0,195
H				-0,998	H				0,423

Примечание. Здесь и далее: S – число видов в пробе, A – плотность поселения, B – биомасса, H и e – индексы Шеннона–Винера и Пиелу; жирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты корреляции r, жирным курсивом – r > 0,7, но статистически не значимые.

Некоторые количественные характеристики организмов-образователей водозабортного тоннеля № 2 ВГЭЦ-2

Вид	F	$\sqrt{F \times B}$	Биомасса, г/м ²						Плотность поселения, экз./м ²						R
			ME	SE	MIN	MAX	I _{WB}	ME	SE	MIN	MAX	I _{WA}			
<i>Obelia longissima</i>	63,9	21,32	7,1	5,8	0,0	210,0	171,0	-	-	-	-	-	-	-	-0,017
<i>Halosydna brevisetosa</i>	5,6	0,40	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	0,394
<i>Hydroides ezoensis</i>	52,8	13,87	3,6	1,0	0,0	20,0	9,0	77,8	17,4	0,0	400,0	140,3	167,5	0,086	
<i>Potamilla</i> sp.	50,0	15,60	4,9	1,4	0,0	30,0	14,0	105,6	22,2	0,0	500,0	120,0	167,5	-0,020	
<i>Nereis multignatha</i>	13,9	2,33	0,4	0,3	0,0	10,0	7,3	16,7	7,5	0,0	200,0	120,0	120,0	-0,016	
<i>Nereis zonata</i>	5,6	0,39	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	100,0	0,001	
<i>Nereis</i> sp.	11,1	0,99	0,1	0,1	0,0	2,0	1,5	13,9	9,0	0,0	300,0	212,0	212,0	0,201	
<i>Dextospira abveolata</i>	2,8	0,28	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	100,0	-0,081	
<i>Typosyllis orientalis</i>	2,8	0,09	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	100,0	0,394	
<i>Balanus rostratus</i>	58,3	190,75	623,7	155,5	0,0	2650,0	1396,5	2030,6	546,0	0,0	14000,0	5284,9	5284,9	-0,020	
<i>Balanus improvisus</i>	38,9	23,24	13,9	5,8	0,0	160,0	87,9	175,0	39,9	0,0	800,0	327,8	327,8	-0,072	
<i>Balanus crenatus</i>	13,9	8,72	5,5	4,5	0,0	160,0	130,7	16,7	7,5	0,0	200,0	120,0	120,0	-0,001	
<i>Pugettia quadridens</i>	5,6	1,57	0,4	0,4	0,0	15,0	14,1	5,6	3,9	0,0	100,0	97,1	97,1	0,115	
<i>Cancer amphioetus</i>	5,6	4,97	4,4	3,3	0,0	110,0	89,3	11,1	7,7	0,0	200,0	194,3	194,3	0,535	
<i>Hemigrapsus sanquineus</i>	13,9	8,17	4,8	3,9	0,0	140,0	113,3	22,2	11,3	0,0	300,0	208,6	208,6	-0,037	
<i>Pachycheles stevensii</i>	2,8	0,28	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	100,0	0,411	
<i>Paranthura japonica</i>	8,3	0,26	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	11,1	6,6	0,0	200,0	142,9	142,9	0,254	
<i>Gnoriomphaeroma ovatum</i>	8,3	2,27	0,6	0,6	0,0	20,0	18,1	11,1	6,6	0,0	200,0	142,9	142,9	0,384	
<i>Limnoria</i> sp.	2,8	0,09	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	100,0	-0,083	
<i>Munnidae</i> gen. sp.	5,6	0,12	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	100,0	-0,083	
<i>Ianiropsis serricandis</i>	2,8	0,09	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	100,0	-0,081	

Вид	F	$\sqrt{F \times B}$	Биомасса, г/м ²						Плотность поселения, экз./м ²						R
			ME	SE	MIN	MAX	I_{WB}	ME	SE	MIN	MAX	I_{WA}			
<i>Jassa marmorata</i>	100,0	36,71	13,5	5,4	0,0	180,0	76,7	1905,6	559,7	0,0	15000,0	5917,4	-0,092		
<i>Caprella cristibrachium</i>	47,2	20,52	8,9	2,8	0,0	70,0	31,6	355,6	118,6	0,0	3500,0	1424,6	0,013		
<i>Caprella mutica</i>	11,1	1,92	0,3	0,2	0,0	6,0	4,5	8,3	4,7	0,0	100,0	94,3	0,218		
<i>Caprella neglecta</i>	30,6	4,11	0,6	0,3	0,0	8,0	4,1	75,0	28,0	0,0	900,0	376,2	0,129		
<i>Caprella</i> sp.	44,4	7,11	1,1	0,4	0,0	10,0	6,0	188,9	64,3	0,0	2100,0	788,9	0,232		
<i>Corophium acherusicum</i>	5,6	0,18	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	5,6	3,9	0,0	100,0	97,1	-0,058		
<i>Corophium</i> sp.	2,8	0,09	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	-0,017		
<i>Ishyocerus</i> sp.	13,9	1,04	0,1	0,0	0,0	1,0	0,8	25,0	11,5	0,0	300,0	191,4	0,225		
<i>Metopelloides barnardi</i>	5,6	0,28	0,0	0,0	0,0	0,4	0,3	11,1	8,7	0,0	300,0	245,7	-0,084		
<i>Metopelloides schellenbergi</i>	2,8	0,09	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	0,010		
<i>Paraurysius gurjanovae</i>	2,8	0,15	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	8,3	8,3	0,0	300,0	300,0	-0,081		
<i>Parhyale zibellina</i>	2,8	0,09	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	-0,048		
<i>Pleusymtes</i> sp.	19,4	1,04	0,1	0,0	0,0	1,0	0,6	27,8	12,4	0,0	400,0	197,7	-0,079		
<i>Prostenothoe sextonae</i>	11,1	0,35	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	16,7	10,2	0,0	300,0	222,9	0,220		
<i>Lecythorhynchus hilgendorfi</i>	2,8	0,28	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	-0,021		
<i>Epheria turrita</i>	13,9	4,44	1,4	1,1	0,0	40,0	31,8	102,8	63,2	0,0	2100,0	1398,2	0,406		
<i>Littorina mandschurica</i>	2,8	0,09	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	0,088		
<i>Abenius ojanus</i>	11,1	0,35	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	11,1	5,3	0,0	100,0	91,4	0,563		
<i>Anadara broughtoni</i>	11,1	0,35	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	11,1	6,6	0,0	200,0	142,9	0,329		
<i>Arca boucardi</i>	11,1	0,31	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	13,9	8,1	0,0	200,0	170,9	0,333		
<i>Callista breviphonata</i>	22,2	0,82	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	33,3	12,6	0,0	300,0	171,4	0,237		
<i>Callithaca adamsi</i>	36,1	3,14	0,3	0,2	0,0	8,0	6,5	105,6	35,8	0,0	800,0	438,2	0,427		
<i>Crenomytilus grayanus</i>	19,4	2,65	0,4	0,3	0,0	10,0	7,9	63,9	30,9	0,0	1000,0	538,0	0,406		

Вид	F	$\sqrt{F \times B}$	Биомасса, г/м ²					Плотность поселения, экз./м ²					R
			ME	SE	MIN	MAX	I_{WB}	ME	SE	MIN	MAX	I_{WA}	
<i>Crassostrea gigas</i>	11,1	10,39	9,7	6,2	0,0	180,0	144,3	22,2	12,0	0,0	300,0	234,3	-0,004
<i>Entodesma naviculoides</i>	2,8	0,03	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	-0,017
<i>Hiatella arcitica</i>	44,4	4,70	0,5	0,3	0,0	10,0	5,7	186,1	47,8	0,0	1300,0	442,6	-0,030
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	2,8	0,12	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	-	-	-	-	-	0,022
<i>Modiolus</i> sp.	2,8	0,09	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	-0,076
<i>Musculista senhousia</i>	2,8	0,09	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	-0,045
<i>Mya pseudoarenaria</i>	2,8	0,09	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	11,1	7,7	0,0	200,0	194,3	-0,021
<i>Mya japonica</i>	25,0	0,83	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	41,7	15,1	0,0	300,0	197,1	-0,004
<i>Mya</i> sp. juv.	2,8	0,12	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	5,6	3,9	0,0	100,0	97,1	0,757
<i>Mytilus trossulus</i>	66,7	372,04	2076,2	965,7	0,0	28000,0	16171,2	1113,9	325,6	0,0	8200,0	3426,9	0,985
<i>Ruditapes philippinarum</i>	22,2	1,11	0,1	0,0	0,0	1,0	0,6	33,3	12,0	0,0	300,0	154,3	0,337
<i>Turtonia minuta</i>	11,1	0,35	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	16,7	10,2	0,0	300,0	222,9	-0,050
<i>Bugula pacifica</i>	33,3	8,28	2,1	0,8	0,0	20,0	10,5	-	-	-	-	-	0,065
<i>Conopeum seurati</i>	8,3	0,96	0,1	0,1	0,0	2,0	1,4	-	-	-	-	-	-0,021
<i>Amphiodia fissa</i>	11,1	0,66	0,0	0,0	0,0	1,0	0,7	14,3	7,2	0,0	200,0	129,4	0,863
<i>Aphelasteria japonica</i>	2,8	2,78	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,394
<i>Siyela clava</i>	33,3	2,72	0,2	0,2	0,0	8,0	8,0	2,8	2,8	0,0	100,0	100,0	0,011
Всего			2788,1	951,6	2,1	28015,6	1667,1	6955,6	1174,2	300,0	27600,0	7155,8	

Примечание. F – встречаемость, B – биомасса, ME , MIN и MAX – среднее, минимальное и максимальное значения, SE – стандартная ошибка среднего, I_W – индекс агрегированности, R – коэффициент корреляции биомасс отдельных видов с общей биомассой; жирным шрифтом выделены значимые ($p < 0,05$) коэффициенты корреляции и индексы I_{WA} , если распределение животных достоверно агрегированное.

Некоторые количественные характеристики организмов-образователей ассоциации дна тоннеля ТЭЦ-2 г. Владивостока

Вид	F	$\sqrt{F \times B}$	Биомасса, г/м ²						Плотность поселения, экз./м ²						R
			ME	SE	MIN	MAX	I _{WA}	ME	SE	MIN	MAX	I _{WB}			
<i>Obelia longissima</i>	50,0	5,10	0,52	0,26	0,0	2,0	1,35	-	-	-	-	-	-	-	0,766
<i>Halosydna brevisetosa</i>	10,0	1,00	0,10	0,10	0,0	1,0	1,00	-	-	-	-	-	-	-	0,318
<i>Hydroides ezoensis</i>	50,0	16,12	5,20	2,32	0,0	20,0	10,33	90,0	40,69	0,0	400,0	184,0	184,0	184,0	-0,139
<i>Potamilla</i> sp.	40,0	8,72	1,90	1,08	0,0	10,0	6,13	40,0	22,11	0,0	200,0	122,2	122,2	122,2	-0,244
<i>Nereis multignatha</i>	20,0	1,48	0,11	0,10	0,0	1,0	0,90	20,0	13,33	0,0	100,0	88,8	88,8	88,8	-0,259
<i>Nereis</i> sp.	10,0	1,00	0,10	0,10	0,0	1,0	1,00	10,0	10,00	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,338
<i>Typosyllis orientalis</i>	10,0	0,32	0,01	0,01	0,0	0,1	0,10	10,0	10,00	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,318
<i>Balanus rostratus</i>	40,0	38,68	37,40	20,95	0,0	180,0	117,32	260,0	155,78	0,0	1500,0	933,3	933,3	933,3	0,198
<i>B. improvisus</i>	20,0	9,80	4,80	3,99	0,0	40,0	33,19	60,0	42,69	0,0	400,0	303,7	303,7	303,7	-0,101
<i>Pugettia quadridens</i>	20,0	5,66	1,60	1,49	0,0	15,0	13,92	20,0	13,33	0,0	100,0	88,9	88,9	88,9	-0,034
<i>Cancer amphioetus</i>	20,0	17,89	16,00	11,57	0,0	110,0	83,61	40,0	26,67	0,0	200,0	177,8	177,8	177,8	0,449
<i>Hemigrapsus sanquineus</i>	30,0	21,42	15,30	13,88	0,0	140,0	125,98	50,0	34,16	0,0	300,0	233,3	233,3	233,3	-0,228
<i>Pachycheles stevensii</i>	10,0	1,00	0,10	0,10	0,0	1,0	1,00	10,0	10,00	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,338
<i>Paranthura japonica</i>	10,0	0,32	0,01	0,01	0,0	0,1	0,10	10,0	10,00	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,318
<i>Gnoringosphaeroma ovatum</i>	20,0	6,36	2,02	2,00	0,0	20,0	19,76	30,0	21,34	0,0	200,0	151,9	151,9	151,9	0,316
<i>Jassa marmorata</i>	100,0	47,98	23,02	17,56	0,1	180,0	133,97	1560,0	617,74	100,0	6500,0	2446,2	2446,2	2446,2	-0,267
<i>Caprella cristibrachium</i>	60,0	26,04	11,30	6,75	0,0	70,0	40,32	250,0	134,37	0,0	1400,0	722,2	722,2	722,2	-0,151
<i>C. mutica</i>	10,0	2,00	0,40	0,40	0,0	4,0	4,00	10,0	10,00	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,338
<i>C. neglecta</i>	50,0	5,66	0,64	0,39	0,0	4,0	2,43	90,0	37,86	0,0	300,0	159,3	159,3	159,3	0,210
<i>Caprella</i> sp.	60,0	10,45	1,82	1,08	0,0	10,0	6,40	190,0	80,90	0,0	700,0	344,4	344,4	344,4	0,140
<i>Corophium acherusicum</i>	10,0	0,32	0,01	0,01	0,0	0,1	0,10	10,0	10,00	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-0,235
<i>Isfyrocerus</i> sp.	30,0	2,68	0,24	0,13	0,0	1,0	0,73	50,0	26,87	0,0	200,0	144,4	144,4	144,4	0,000
<i>Metopelloides barnardi</i>	10,0	0,32	0,01	0,01	0,0	0,1	0,10	10,0	10,00	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-0,191

Вид	F	$\sqrt{F \times B}$	Биомасса, г/м ²						Плотность поселения, экз./м ²						R
			ME	SE	MIN	MAX	I _{WA}	ME	SE	MIN	MAX	I _{WB}			
<i>Parhyale zibellina</i>	10,0	0,32	0,01	0,01	0,0	0,1	0,10	10,0	10,00	0,0	100,0	100,0	0,222		
<i>Pleusymtes</i> sp.	30,0	1,34	0,06	0,04	0,0	0,4	0,27	30,0	15,28	0,0	100,0	77,8	-0,181		
<i>Prostenothoe sextonae</i>	10,0	0,32	0,01	0,01	0,0	0,1	0,10	-	-	-	-	-	0,338		
<i>Epheria turrita</i>	50,0	15,98	5,11	3,93	0,0	40,0	30,22	370,0	211,90	0,0	2100,0	1213,5	0,296		
<i>Littorina mandschurica</i>	10,0	0,32	0,01	0,01	0,0	0,1	0,10	10,0	10,00	0,0	100,0	100,0	-0,056		
<i>Athenius ojanus</i>	30,0	0,95	0,03	0,02	0,0	0,1	0,08	30,0	15,28	0,0	100,0	77,8	0,553		
<i>Anadara broughtoni</i>	30,0	0,95	0,03	0,02	0,0	0,1	0,08	40,0	22,11	0,0	200,0	122,2	0,199		
<i>Arca boucardi</i>	20,0	0,77	0,03	0,02	0,0	0,2	0,15	40,0	26,67	0,0	200,0	177,8	0,194		
<i>Callista breviphonata</i>	30,0	1,22	0,05	0,03	0,0	0,3	0,19	40,0	26,67	0,0	200,0	177,8	0,165		
<i>Callithaca adamsi</i>	40,0	5,83	0,85	0,80	0,0	8,0	7,44	160,0	93,33	0,0	800,0	544,4	0,349		
<i>Crenomytilus grayanus</i>	50,0	7,97	1,27	0,99	0,0	10,0	7,70	190,0	101,60	0,0	1000,0	543,3	0,298		
<i>Crassostrea gigas</i>	10,0	3,16	1,00	1,00	0,0	10,0	10,00	10,0	10,00	0,0	100,0	100,0	-0,235		
<i>Hiattella arctica</i>	40,0	2,28	0,13	0,10	0,0	1,0	0,74	90,0	37,86	0,0	300,0	159,3	-0,257		
<i>Modiolus</i> sp.	10,0	0,32	0,01	0,01	0,0	0,1	0,10	10,0	10,00	0,0	100,0	100,0	-0,256		
<i>Mya japonica</i>	10,0	0,32	0,01	0,01	0,0	0,1	0,10	0,0	0,00	0,0	0,0	100,0	-0,056		
<i>Mya</i> sp. juv.	10,0	0,45	0,02	0,02	0,0	0,2	0,20	10,0	10,00	0,0	100,0	100,0	0,762		
<i>Mytilus trossulus</i>	100,0	842,91	7105,0	3024,02	180,0	28000,0	12870,8	2900,0	950,67	400,0	8200,0	3116,5	1,000		
<i>Ruditapes philippinarum</i>	50,0	2,83	0,16	0,10	0,0	1,0	0,59	60,0	26,67	0,0	200,0	118,5	0,175		
<i>Turtonia minuta</i>	40,0	1,26	0,04	0,02	0,0	0,1	0,07	60,0	33,99	0,0	300,0	192,6	-0,472		
<i>Bugula pacifica</i>	10,0	2,24	0,50	0,50	0,0	5,0	5,00	-	-	-	-	-	0,338		
<i>Amphiodia fissa</i>	30,0	1,97	0,13	0,10	0,0	1,0	0,75	40,0	22,11	0,0	200,0	122,2	0,870		
<i>Aphelasteria japonica</i>	10,0	10,00	10,00	10,00	0,0	100,0	100,00	-	-	-	-	-	0,318		

Некоторые количественные характеристики организмов обрастающей ассоциации стенок тоннеля ТЭЦ-2 г. Владивостока

Вид	F	$\sqrt{F \times B}$	Биомасса, г/м ²					Плотность поселения, экз./м ²					R
			ME	SE	MIN	MAX	I _{всб}	ME	SE	MIN	MAX	I _{ва}	
<i>Obelia longissima</i>	73,3	33,27	15,09	13,93	0,00	210,00	192,80	0,00	0,00	0,0	0,0	0,094	
<i>Hydroides esoensis</i>	86,7	21,26	5,21	1,49	0,00	15,00	6,42	120,07	26,16	0,0	300,0	0,324	
<i>Potamilla</i> sp.	93,3	31,08	10,35	2,67	0,00	30,00	10,34	213,33	33,62	100,0	500,0	0,615	
<i>Nereis multignatha</i>	20,0	4,16	0,87	0,67	0,00	10,00	7,73	26,67	15,33	0,0	200,0	0,212	
<i>Nereis zonata</i>	6,7	0,67	0,07	0,07	0,00	1,00	1,00	6,67	6,67	0,0	100,0	0,238	
<i>Nereis</i> sp.	20,0	1,71	0,15	0,13	0,00	2,00	1,80	26,67	20,63	0,0	300,0	0,386	
<i>Balanus rostratus</i>	93,3	370,63	1471,80	238,50	0,00	2650,00	579,72	4680,00	957,69	0,0	14000,0	0,960	
<i>B. improvisus</i>	73,3	46,85	29,93	12,83	0,00	160,00	82,51	360,00	66,04	0,0	800,0	-0,223	
<i>B. crenatus</i>	13,3	12,65	12,00	10,65	0,00	160,00	141,90	20,00	14,47	0,0	200,0	0,320	
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	13,3	4,22	1,33	0,91	0,00	10,00	9,29	20,00	14,47	0,0	200,0	0,524	
<i>Paranthura japonica</i>	13,3	0,42	0,01	0,01	0,00	0,10	0,09	20,00	14,47	0,0	200,0	0,524	
<i>Munnidae</i> gen. sp.	6,7	0,21	0,01	0,01	0,00	0,10	0,10	6,67	6,67	0,0	100,0	-0,439	
<i>Jassa marmorata</i>	100,0	30,43	9,26	5,44	0,10	82,00	47,89	1960,00	893,35	100,0	12000,0	0,315	
<i>Caprella cristibrachium</i>	73,3	28,06	10,73	4,03	0,00	55,00	22,70	453,33	149,56	0,0	1700,0	0,380	
<i>C. mutica</i>	13,3	2,67	0,53	0,41	0,00	6,00	4,79	13,33	9,09	0,0	100,0	0,229	
<i>C. neglecta</i>	33,3	5,03	0,76	0,54	0,00	8,00	5,68	100,00	60,94	0,0	900,0	0,126	
<i>Caprella</i> sp.	33,3	7,01	1,47	0,74	0,00	7,00	5,60	266,67	142,65	0,0	2100,0	0,461	
<i>Corophium acherusicum</i>	6,7	0,21	0,01	0,01	0,00	0,10	0,10	6,67	6,67	0,0	100,0	0,049	
<i>Corophium</i> sp.	6,7	0,21	0,01	0,01	0,00	0,10	0,10	6,67	6,67	0,0	100,0	0,090	
<i>Ishyocerus</i> sp.	13,3	0,60	0,03	0,02	0,00	0,30	0,24	26,67	20,63	0,0	300,0	0,400	
<i>M. schellenbergi</i>	6,7	0,21	0,01	0,01	0,00	0,10	0,10	6,67	6,67	0,0	100,0	0,308	

Вид	F	$\sqrt{F \times B}$	Биомасса, г/м ²						Плотность поселения, экз./м ²						R
			ME	SE	MIN	MAX	I _{WB}	ME	SE	MIN	MAX	I _{WA}			
<i>Pleusymtes</i> sp.	6,7	0,30	0,01	0,01	0,00	0,20	0,20	0,20	6,67	6,67	0,0	100,0	100,0	100,0	-0,136
<i>Prostenothoe sextonae</i>	20,0	0,63	0,02	0,01	0,00	0,10	0,10	0,09	40,00	23,50	0,0	300,0	207,1	0,477	
<i>Lecythorhynchus hilgendorffi</i>	6,7	0,67	0,07	0,07	0,00	1,00	1,00	1,00	6,67	6,67	0,0	100,0	100,0	0,057	
<i>Avenius ojanus</i>	6,7	0,21	0,01	0,01	0,00	0,10	0,10	0,10	6,67	6,67	0,0	100,0	100,0	0,090	
<i>Anadara broughtoni</i>	6,7	0,21	0,01	0,01	0,00	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,0	0,0	100,0	0,049	
<i>Arca boucardi</i>	6,7	0,07	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	6,67	6,67	0,0	100,0	100,0	-0,136	
<i>Callista breviphonata</i>	40,0	1,26	0,04	0,01	0,00	0,10	0,10	0,06	53,33	23,64	0,0	300,0	157,1	-0,107	
<i>Callithaca adamsi</i>	46,7	2,02	0,09	0,03	0,00	0,30	0,30	0,14	146,67	55,95	0,0	700,0	320,1	0,614	
<i>Crenomytilus grayanus</i>	13,3	0,52	0,02	0,01	0,00	0,20	0,20	0,16	26,67	15,33	0,0	200,0	132,1	0,120	
<i>Crassostrea gigas</i>	20,0	21,29	22,67	14,59	0,00	180,00	180,00	140,84	46,67	27,37	0,0	300,0	240,8	0,338	
<i>Entodesma naviculooides</i>	6,7	0,07	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	6,67	6,67	0,0	100,0	100,0	0,089	
<i>Hiatella arcitica</i>	80,0	9,38	1,10	0,65	0,00	10,00	10,00	5,80	380,00	91,13	0,0	1300,0	327,8	0,169	
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	6,7	0,30	0,01	0,01	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00	0,00	0,0	0,0	100,0	0,401	
<i>Musculista senhousia</i>	6,7	0,21	0,01	0,01	0,00	0,10	0,10	0,10	6,67	6,67	0,0	100,0	100,0	-0,136	
<i>Mya pseudoarenaria</i>	6,7	0,21	0,01	0,01	0,00	0,10	0,10	0,10	26,67	18,17	0,0	200,0	185,7	0,057	
<i>Mya japonica</i>	46,7	1,67	0,06	0,02	0,00	0,20	0,20	0,09	100,00	30,86	0,0	300,0	142,9	0,428	
<i>Mytilus trossulus</i>	100,0	156,89	246,13	85,39	1,00	1320,00	1320,00	444,34	740,00	148,26	100,0	1800,0	445,6	0,634	
<i>Ruditapes philippinarum</i>	13,4	0,61	0,03	0,02	0,00	0,30	0,30	0,23	40,00	21,38	0,00	300,0	171,4	0,376	
<i>Bugula pacifica</i>	73,3	18,38	4,61	1,64	0,00	20,00	20,00	8,72	0,00	0,00	0,0	0,0	-	0,559	
<i>Conopeum seurati</i>	20,0	2,31	0,27	0,15	0,00	2,00	2,00	1,32	0,00	0,00	0,0	0,0	-	0,220	
<i>Amphiodia fissa</i>	6,7	0,21	0,01	0,01	0,00	0,10	0,10	0,10	6,67	6,67	0,0	100,0	100,0	0,089	
<i>Styela clava</i>	6,7	1,89	0,53	0,53	0,00	8,00	8,00	8,00	0,00	0,00	0,0	0,0	-	0,313	

Некоторые количественные характеристики организмов обрастателей ассоциации свода тоннеля ТЭЦ-2 г. Владивостока

Вид	F	$\sqrt{F \times B}$	Биомасса, г/м ²				Плотность поселения, экз./м ²				R	
			ME	SE	MIN	MAX	I _{WA}	ME	SE	MIN		MAX
<i>Obelia longissima</i>	63,6	11,93	2,24	1,33	0,00	15,00	8,73	-	-	-	-	0,345
<i>Hydroides ezoensis</i>	9,1	0,91	0,09	0,09	0,00	1,00	1,00	9,09	9,09	0,0	100,0	0,947
<i>Potamilla</i> sp.	9,1	0,91	0,09	0,09	0,00	1,00	1,00	18,18	18,18	0,0	200,0	0,947
<i>Dexiospira alveolata</i>	9,1	0,91	0,09	0,09	0,00	1,00	1,00	9,09	9,09	0,0	100,0	0,947
<i>Balanus rostratus</i>	27,3	2,77	0,28	0,19	0,00	2,00	1,47	27,27	14,08	0,0	100,0	-0,174
<i>B. improvisus</i>	18,2	2,23	0,27	0,19	0,00	2,00	1,53	27,27	19,50	0,0	200,0	0,051
<i>B. crenatus</i>	27,3	6,49	1,55	0,87	0,00	8,00	5,35	27,27	14,08	0,0	100,0	0,824
<i>Gnortimosphæroma ovatum</i>	9,1	1,29	0,18	0,18	0,00	2,00	2,00	9,09	9,09	0,0	100,0	0,106
<i>Limnoria</i> sp.	9,1	0,29	0,01	0,01	0,00	0,10	0,10	9,09	9,09	0,0	100,0	0,106
<i>Ianiropsis serricandis</i>	9,1	0,29	0,01	0,01	0,00	0,10	0,10	9,09	9,09	0,0	100,0	0,947
<i>Jassa marmorata</i>	100,0	32,47	10,55	2,92	2,00	35,00	8,88	2145,45	1317,18	200,0	15000,0	0,938
<i>Caprella cristibrachium</i>	9,1	6,23	4,27	4,27	0,00	47,00	47,00	318,18	318,18	0,0	3500,0	0,947
<i>C. neglecta</i>	18,2	1,86	0,19	0,18	0,00	2,00	1,89	27,27	19,50	0,0	200,0	0,945
<i>Caprella</i> sp.	45,5	1,57	0,05	0,02	0,00	0,20	0,09	81,82	35,21	0,0	400,0	0,679
<i>Metopelloides bartardi</i>	9,1	0,57	0,04	0,04	0,00	0,40	0,40	27,27	27,27	0,0	300,0	0,947
<i>Paraurysatheus gurljanovae</i>	9,1	0,50	0,03	0,03	0,00	0,30	0,30	27,27	27,27	0,0	300,0	0,947
<i>Pleusymtes</i> sp.	27,3	1,72	0,11	0,09	0,00	1,00	0,82	54,55	36,59	0,0	400,0	0,922
<i>Hiattella arctica</i>	9,1	0,29	0,01	0,01	0,00	0,10	0,10	9,09	9,09	0,0	100,0	0,947

Матрицы коэффициентов корреляции Пирсона количественных характеристик макрообрастателей и глубины на различных ГТС

	S	A	B	H	e		S	A	B	H	e
Все данные						Насыпь					
Глубина	0,566	-0,147	0,322	0,588	0,137	Глубина	0,165	-0,591	0,488	0,730	0,870
S		0,071	0,542	0,633	-0,125	S		-0,501	0,718	0,712	0,385
A			0,430	-0,449	-0,657	A			-0,403	-0,873	-0,894
B				0,235	-0,220	B				0,741	0,527
H					0,599	H					0,918
Пирс						Водозабор					
Глубина	0,587	-0,100	0,351	0,668	-0,411	Глубина	0,848	0,340	0,856	0,588	-0,771
S		0,718	0,937	0,261	-0,828	S		0,646	0,947	0,894	-0,592
A			0,894	-0,186	-0,528	A			0,747	0,652	-0,258
B				0,077	-0,700	B				0,826	-0,585
H					0,103	H					-0,173
Решетка						Весь тоннель					
S		-0,705	0,476	0,165	-0,165	S		0,741	0,378	0,115	-0,811
A			0,215	-0,264	0,021	A			0,291	0,061	-0,597
B				-0,124	-0,232	B				-0,386	-0,508
H					0,942	H					0,310
Дно						Свод					
S		0,802	0,155	0,519	-0,603	S		0,836	0,968	0,801	-0,759
A			0,560	0,307	-0,603	A			0,906	0,400	-0,818
B				-0,461	-0,681	B				0,687	-0,846
H					0,281	H					-0,292
Левая стенка						Правая стенка					
S		0,869	0,925	0,211	-0,917	S		0,564	0,704	0,106	-0,934
A			0,797	-0,053	-0,747	A			0,389	0,072	-0,438
B				0,066	-0,849	B				-0,371	-0,577
H					-0,059	H					0,030
Левая и правая						Канал					
						Глубина	-0,270	-0,536	0,297	-0,486	0,186
S		0,728	0,657	0,110	-0,927	S		0,420	0,476	0,019	-0,937
A			0,415	-0,001	-0,602	A			0,596	0,131	-0,412
B				-0,294	-0,573	B				-0,441	-0,577
H					0,038	H					0,313
Река											
Глубина	-0,286	-0,546	0,830	-0,890	-0,981						
S		0,741	-0,370	0,665	0,359						
A			-0,804	0,838	0,688						
B				-0,917	-0,967						
H					0,936						

Примечание. Жирным шрифтом выделены статистически значимые ($p < 0,05$) коэффициенты корреляции; S – число видов, A – плотность, B – биомасса, H и e – индексы Шеннона–Винера и Пиелу.

Плотность поселений и состав мейофауны различных частей системы охлаждения ТЭЦ-2 г. Владивостока

Группа	Старый водозабор		Пирс		Каменная наброска в ковше		Решетка водозабора		Защитная сетка		Волозаборный тоннель		Сбросной канал		р. Объяснения								
	A	SE	Доля, %	A	SE	Доля, %	A	SE	Доля, %	A	SE	Доля, %	A	SE	Доля, %	A	SE						
Псевдомейофауна																							
Amphipoda	17,8	6,8	1,5	48,0	24,8	12,3	47,3	15,0	6,2	70,7	27,1	15,1	0,0	0,0	116,3	25,8	16,3	0,8	0,8	0,3	8,0	4,5	2,9
Bivalvia	11,7	7,0	1,0	18,0	9,8	4,6	48,3	12,2	6,3	8,4	3,5	1,8	59,0	24,4	68,7	22,3	9,6	7,4	2,2	2,6	10,7	3,2	3,9
Caprellidae	3,8	1,8	0,3	16,0	9,7	4,1	9,1	6,0	1,2	26,3	11,6	5,6	17,0	7,0	55,9	18,8	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cirripedia	0,3	0,4	0,0	2,4	1,2	0,6	18,0	11,1	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	1,5	0,6	0,4	0,4	0,1	0,3	0,3	0,1
Gastropoda	6,5	2,5	0,5	9,4	6,9	2,4	23,3	8,1	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	1,7	0,4	2,4	0,7	0,8	1,7	1,7	0,6
Isopoda	20,0	10,6	1,6	7,2	4,2	1,9	14,6	4,9	1,9	17,0	6,0	3,6	0,0	0,0	6,5	3,2	0,9	0,0	0,0	0,0	2,9	1,9	1,0
Oligochaeta	5,3	2,3	0,4	2,6	1,2	0,7	17,9	8,7	2,3	2,7	2,4	0,6	0,0	0,0	3,4	2,0	0,5	0,0	0,0	0,0	12,7	5,8	4,6
Ophiuroidea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	4,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Panopoda	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	12,3	5,9	2,6	0,0	0,0	3,1	1,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Polychaeta	21,5	9,2	1,8	24,6	16,7	6,3	37,4	16,3	4,9	18,9	4,1	4,0	13,0	5,4	19,5	4,7	2,7	0,6	0,6	0,2	10,9	4,3	3,9
Tanaidacea	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,3	4,1	2,7	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Всего	87,0	28,9	7,1	129,6	65,6	33,3	226,4	67,6	29,7	156,3	53,6	33,3	89,0	36,8	283,9	49,8	39,8	11,6	2,9	4,0	47,1	14,0	17,0
Эвмейофауна																							
Acarina	1,0	0,6	0,1	0,8	0,8	0,2	1,3	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,9	0,6	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
Foraminifera	568,3	211,2	46,6	85,2	46,5	21,9	218,3	58,5	28,7	77,9	23,9	16,6	47,0	19,4	92,8	23,5	13,0	123,8	34,8	43,0	34,3	14,2	12,4
Haracticoida	388,0	192,9	31,8	95,4	27,4	24,5	223,0	52,0	29,3	60,7	15,8	12,9	25,0	10,3	177,6	30,7	24,9	39,2	9,0	13,6	87,6	28,7	31,6
Nematoda	172,3	125,4	14,1	43,4	24,2	11,2	83,0	25,0	10,9	148,0	52,5	31,5	81,0	33,5	147,1	30,8	20,6	113,4	40,0	39,3	99,7	27,0	36,0
Ostracoda	2,8	0,8	0,2	33,8	20,1	8,7	9,6	3,8	1,3	27,0	6,2	5,7	0,0	0,0	7,9	5,3	1,1	0,0	0,0	0,0	1,3	1,3	0,5
Turbellaria	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	3,2	2,6
Всего	1132	503,3	92,9	259,2	113,2	66,7	535,3	116,1	70,3	313,6	93,2	66,7	153,0	63,2	429,6	76,3	60,2	276,6	50,2	96,0	230,1	48,4	83,0
Весь мейо-обентос	1219	515,6		388,8	172,2		761,7	153,6		469,9	143,9		242,0		713,5	114,8		288,2	52,6		277,3	50,0	

Примечание. Средняя плотность поселения (A) и ее ошибка репрезентативности (SE) выражены в сотнях экз./м².

Таксономический состав и некоторые качественные характеристики видов нематод, найденных в обрастании гидротехнических сооружений системы охлаждения ВГЭЦ-2

Таксон	E, %	A, 100 экз./м ²	SE, 100 экз./м ²	Доля %	ТГ	БХ	СБ	ОС
Отряд Euporlida								
Семейство Euporlidae Dujardin, 1845								
<i>Enoplus anisospiculus</i> Nelson, Hopper et Webster, 1972	49,3	11,0	1,6	16,0	2В	тшБ,	П	Э
<i>E. michaelsoni</i> (Linstow, 1896) De Man, 1904	4,0	0,7	0,6	1,1	2В	К	Р	Э
Семейство Anticomidae Filipjev, 1918								
<i>Anticoma rossjetica</i> Platonova, Belogurov et Scheenko, 1979	42,7	3,8	0,7	5,5	1А	пнБ	И+П	Э
Семейство Oncholaimidae Filipjev, 1916								
<i>Adoncholaimus fervidus</i> Kirjanova, 1965	2,7	0,1	0,1	0,1	2В	пнБ	В	Э
<i>Metararoncholaimus japonicus</i> Belogurov, Belogurova et Pavlyuk, 1980	6,7	0,2	0,1	0,3	2В	пнБ	П	Э
<i>Oncholaimium domesticum</i> Chitwood et Chitwood, 1938	9,3	0,9	0,3	1,3	2В	пнБ	П	Э
<i>O. japonicum</i> Belogurov, Belogurova, 1981	13,3	0,9	0,3	1,3	2В	пнБ	П+И	Э
<i>O. parvolum</i> Belogurov et Fadeeva, 1980	48,0	8,7	1,5	12,6	2В	пнБ	П+И	Э
<i>O. ramosum</i> * Smolanko et Belogurov, 1987	28,0	3,1	0,7	4,4	2В	пнБ	И	Э
<i>Oncholaimus brachycercus</i> de Man, 1889	21,3	1,0	0,3	1,4	2В	тнБ	П	Э
<i>Pontonema papilliferum</i> (Filipjev, 1916) Cobb et Steimer, 1924	8,0	0,4	0,2	0,6	2В	абнБ	П	Э
<i>Pseudoncholaimus asiaticus</i> Belogurov, Belogurova et Pavlyuk, 1980	1,3	0,0	0,0	0,0	2В	пнБ	П+И	Э
<i>P. dujardinii</i> (de Man, 1876) Belogurov et Belogurova, 1979	9,3	0,6	0,2	0,8	2В	К	П+И	Э
<i>P. furugelmus</i> Belogurov, 1977	21,3	0,7	0,2	0,9	2В	пнБ	Р	Э
<i>P. mediocaudatus</i> Pavlyuk, 1991	44,0	6,2	1,2	9,0	2В	пнБ	И	Э
<i>P. urbanus marinus</i> Belogurov, Belogurova et Leonova, 1972	6,7	0,3	0,2	0,5	2В	пнБ	П	Э
<i>P. venustus</i> Belogurov, Belogurova et Leonova, 1972	2,7	0,1	0,1	0,2	2В	пнБ	П+И	Э
<i>P. vesicarius</i> (Wieser, 1959)	1,3	0,0	0,0	0,0	2В	тнБ	П+И	Э

Таксон	F, %	A, 100 экз./м ²	SE, 100 экз./м ²	Доля %	ТГ	БХ	СБ	ОС
Семейство Phanodermatidae Filipjev, 1927								
<i>Phanoderma platonovae</i> Belogurov, 1980	24,0	1,8	0,5	2,6	1В	пнБ	П+И	Э
<i>Phanoderma</i> sp.	8,0	0,2	0,1	0,2	1В	пнБ	П+И	Э
Семейство Leptosomatidae Filipjev, 1916								
<i>Leptosomatides marinae</i> Platonova, 1976	10,7	0,7	0,5	1,1	1В	тнБ	В	Э
<i>Leptosomatides</i> sp.	1,3	0,1	0,1	0,1	1В	пнБ	В	Э
<i>Leptosomatium</i> sp.	4,0	0,2	0,2	0,3	1В	пнБ	П+И	Э
<i>Pseudocella bursata</i> Platonova, 1962	1,3	0,0	0,0	0,0	2А	СТ	Г+П	Э
<i>Thoracostoma</i> sp.	1,3	0,0	0,0	0,0	2А	пнБ	П	–
Семейство Oxytominidae Chitwood, 1935								
<i>Oxytamina elegans</i> Platonova, 1971	1,3	0,1	0,1	0,1	1А	пнБ	И	Э
<i>O. orientalis</i> Platonova, 1971	2,7	0,1	0,0	0,1	1А	пнБ	И+Р	Э
<i>Oxytamina</i> sp.	1,3	0,1	0,1	0,1	1А	пнБ	И+П	–
<i>Tysondora rectispiculata</i> Platonova, 1971	1,3	0,0	0,0	0,1	1А	пнБ	И+П	Э
Семейство Enchelidiidae Filipjev, 1918								
<i>Calyptronema stomodentata</i> Belogurov, 1980	14,7	0,7	0,2	0,9	2В	пнБ	П+И	Э
<i>Eurytamina alekseevi</i> Pavlyuk, 1991	49,3	4,5	0,7	6,6	2В	пнБ	П+И	Э
<i>E. ophthalmophora</i> (Steiner, 1921)	9,3	1,2	0,5	1,8	2В	апСТнБ	П+И	Э
Семейство Rhabdodemanidae Filipjev, 1934								
<i>Rhabdodemanina orientalis</i> Platonova, 1974	1,3	0,0	0,0	0,0	2В	пнБ	П	Э
Отряд Chromadorida								
Семейство Chromadoridae Filipjev, 1917								
<i>Chromadora heterostomata</i> Kito, 1978	1,3	0,1	0,1	0,1	2А	пнБ	И+П	Э
<i>Ch. nudicapitata</i> Bastian, 1865	1,3	0,0	0,0	0,0	2А	К	И+П	Э
<i>Ch. tridenticulata</i> Platonova, 1971	4,0	0,1	0,1	0,1	2А	пнБ	И+Г	Э

Таксон	F, %	A, 100 экз./м ²	SE, 100 экз./м ²	Доля %	ТГ	БХ	СБ	ОС
<i>Euchromadora esoensis</i> Kito, 1977	16,0	1,8	0,5	2,6	2А	пнБ	И+П	Э
<i>E. robusta</i> Kulikov, 1991	1,3	0,1	0,1	0,2	2А	пнБ	Г+И	Э
<i>Graphonema ahaeta</i> Platonova, 1971	12,0	0,6	0,2	0,9	2А	пнБ	И+Г	Э
<i>Panduripharynx pacifica</i> Belogurov, Dashchenko et Fadeeva, 1985	1,3	0,0	0,0	0,0	2А	пнБ	Г+П	Э
<i>Prochromadorella oculata</i> Kulikov, Belogurova et Lusanova, 1990	8,0	0,2	0,1	0,2	2А	пнБ	П+И	СМ
<i>Spilophorella bidentata</i> Platonova, 1971	1,3	0,0	0,0	0,0	2А	пнБ	П+И	СМ
<i>Steineridora borealis</i> Kito, 1977	10,7	0,7	0,2	1,0	2А	пнБ	П+И	СМ
<i>Steineridora</i> sp.	1,3	0,0	0,0	0,0	2А	пнБ	И	–
Семейство Selachinematidae Cobb, 1915								
<i>Halichoanolaimus bispirae</i> Dashchenko et Belogurov, 1991	5,3	0,1	0,1	0,2	2В	пнБ	П+И	СМ
<i>H. possjетиensis</i> Belogotov et Fadeeva, 1980	1,3	0,0	0,0	0,0	2В	пнБ	П+Г	СМ
Семейство Суatholaimidae Filipjev, 1918								
<i>Acanthonchus tridentatus</i> Kito, 1976	4,0	0,3	0,2	0,4	2А	пнБ	П+И	СМ
<i>Paracanthonchus macrodon</i> (Ditlevsen, 1919)	8,0	0,7	0,3	0,9	2А	К	В	СМ
Отряд Desmodorida								
Семейство Monoposthiidae Filipjev, 1934								
<i>Monoposthia costata</i> (Bastian, 1865)	9,3	0,3	0,2	0,5	2А	К	П+Г	СМ
<i>M. latianulata</i> Platonova, 1971	74,7	14,0	1,6	20,3	2А	пнБ	П+И	СМ
Семейство Desmodoridae Filipjev, 1922								
<i>Metachromadora itoi</i> Kito, 1978	5,3	0,1	0,0	0,1	2А	пнБ	П+И	СМ
<i>Metachromadora</i> sp.	2,7	0,1	0,1	0,1	2А	пнБ	И+П	–

Таксон	F, %	A, 100 экз./м ²	SE, 100 экз./м ²	Доля %	ТГ	БХ	СБ	ОС
Отряд Plectida								
Семейство Tarvaidae Lorenzen, 1981								
<i>Tarvaia</i> sp.	1,3	0,0	0,0	0,0	1А	пнБ	П	–
Отряд Monhysterida								
Семейство Хуалидае Chitwood, 1951								
<i>Dartonema variatosa</i> (Pavlyuk, 1984)	2,7	0,2	0,1	0,3	1В	пнБ	П+И	СМ
<i>Paramonochystera halerba</i> Fadeeva et Belogurov, 1987	1,3	0,0	0,0	0,0	1В	пнБ	П+И	СМ
<i>Theristus acer</i> Bastian, 1865	2,7	0,1	0,0	0,1	1В	абнБ	В	СМ
<i>T. subacer</i> Pavlyuk, 1984	2,7	0,1	0,1	0,1	1В	пнБ	П+И	СМ
Семейство Comesomatidae Filipjev, 1918								
<i>Sabatieria palmaris</i> Fadeeva et Belogurov, 1984	1,3	0,1	0,1	0,1	1В	пнБ	И+П+Р	СМ
<i>S. possjeica</i> Platonova, 1971	1,3	0,0	0,0	0,0	1В	пнБ	И+П+Г	СМ
<i>S. pulchra</i> * (Schneider, 1906) Riemann, 1970	14,7	0,7	0,2	1,0	1В	К	И+П	СМ
Семейство Diplopeltidae Filipjev, 1918								
<i>Diplopeltis</i> sp.	6,7	0,1	0,0	0,2	2А	пнБ	П	–
Отряд Agacolaimida								
Семейство Ахолоимиде Filipjev, 1918								
<i>Axolaimus seticaudatus</i> Platonova, 1971	2,7	0,1	0,1	0,1	2А	пнБ	И+П+Г	Э

* – нематоды, отмеченные в сильно загрязненных районах.

П р и м е ч а н и е. F – встречаемость, A и SE – плотность поселения и ее стандартная ошибка, ТГ – трофическая группировка (1А – избирательные детритофаги; 1В – избирательные детритофаги; 2А – соскабливатели; 2В – хищники), БХ – биогеографическая характеристика (пнБ – приазовские низкорореальные виды, тнБ – тихоокеанский низкорореальный; К – космополиты, абнБ – амфибореальные низкорореальные виды, апСтнБ – амфицифические субтропическо-низкорореальные виды, тшБ – широко распространенные тихоокеанские бореальные виды, СТ – субтропические виды, заходящие в смежные тепловодные районы низкорореальных вод), СБ – отношение к субстрату (П – песок, Р- ракуша, И – ил, Г – гравий, В – водоросли), ОС – отношение к солёности (Э – эвригалинный, СМ – стеногалинный морской), прочерк – информация отсутствует.

Ассоциации нематод в обрастании ГТС системы охлаждения ВТЭЦ-2

Вид	F, %	A, 100 экз./м ²	SE, 100 экз./м ²	Доля, %	$\sqrt{F \times A}$	R _{NE}	R _{TM-B}	R _{TM-A}
I. <i>Pseudoncholaimus mediocaudatus</i> + <i>Monoposthia latiannulata</i> (18 проб)								
<i>Pseudoncholaimus mediocaudatus</i>	100,0	19,9	2,7	18,7	44,66	0,682	0,251	0,495
<i>Monoposthia latiannulata</i>	88,9	17,9	2,3	16,9	39,94	0,706	0,202	0,436
<i>Oncholaimium paraolium</i>	77,8	12,9	2,4	12,1	31,66	0,698	-0,023	0,245
<i>Eurystomina alekseevi</i>	77,8	8,7	1,4	8,1	25,96	0,715	0,250	0,593
<i>Enoplus anisospiculus</i>	66,7	17,2	3,6	16,2	33,88	0,895	0,335	0,827
<i>Anticoma possjetica</i>	61,1	6,3	1,4	6,0	19,67	0,728	-0,008	0,565
<i>Sabatieria pulchra</i>	50,0	2,4	0,7	2,3	11,06	0,120	0,225	-0,095
<i>Oncholaimium ramosum</i>	38,9	4,3	1,5	4,0	12,90	0,617	0,302	0,540
<i>Euchromadora ezoensis</i>	38,9	4,2	1,4	4,0	12,81	0,070	-0,140	0,062
<i>Steineridora borealis</i>	33,3	2,4	0,9	2,2	8,92	0,443	0,236	0,224
<i>Oncholaimium japonicum</i>	22,2	1,4	0,8	1,4	5,67	0,547	0,293	0,667
<i>Phanoderma platonovae</i>	22,2	1,2	0,6	1,1	5,21	0,630	0,308	0,645
<i>Pseudoncholaimus furugelmus</i>	22,2	0,6	0,3	0,6	3,69	-0,027	0,182	-0,030
<i>Graphonema ahaeta</i>	16,7	1,5	0,8	1,4	5,00	0,250	-0,135	-0,234
<i>Pontonema papilliferum</i>	16,7	1,1	0,6	1,0	4,30	0,107	-0,121	0,157
<i>Oncholaimus brachycercus</i>	16,7	0,8	0,5	0,8	3,73	0,356	-0,045	-0,129
<i>Leptosomatides marinae</i>	11,1	0,4	0,3	0,4	2,08	0,043	-0,033	0,078
<i>Metaparoncholaimus japonicus</i>	11,1	0,4	0,3	0,4	2,08	0,150	-0,099	-0,139
<i>Monoposthia costata</i>	11,1	0,3	0,2	0,3	1,92	0,215	0,938	0,038
<i>Theristus subacer</i>	11,1	0,3	0,2	0,3	1,92	0,420	-0,011	-0,076
<i>Calyptronema stomodentata</i>	5,6	0,3	0,3	0,3	1,24	0,212	-0,046	-0,076
<i>Oxystomina</i> sp.	5,6	0,3	0,3	0,3	1,24	0,364	0,031	-0,028
<i>Chromadora heterostomata</i>	5,6	0,2	0,2	0,2	1,11	-0,207	0,587	-0,209
<i>Leptosomatides</i> sp.	5,6	0,2	0,2	0,2	1,11	-0,028	-0,158	-0,280
<i>Adoncholaimus fervidus</i>	5,6	0,2	0,2	0,2	0,96	0,342	0,010	0,421
<i>Pseudoncholaimus dujardinii</i>	5,6	0,2	0,2	0,2	0,96	-0,207	0,587	-0,209
<i>Theristus acer</i>	5,6	0,2	0,2	0,2	0,96	0,338	0,730	0,146
<i>Leptosomatium</i> sp.	5,6	0,1	0,1	0,1	0,79	0,364	0,031	-0,028
<i>Metachromadora itoi</i>	5,6	0,1	0,1	0,1	0,79	-0,207	0,587	-0,209
<i>Prochromadorella oculata</i>	5,6	0,1	0,1	0,1	0,79	0,212	-0,046	-0,076
<i>Sabatieria possjetica</i>	5,6	0,1	0,1	0,1	0,79	-0,207	0,587	-0,209
II. <i>Oncholaimium paraolium</i> + <i>Monoposthia latiannulata</i> (n=11)								
<i>Oncholaimium paraolium</i>	100,0	30,2	4,7	27,8	54,9	0,855	0,362	-0,051
<i>Monoposthia latiannulata</i>	81,8	17,5	4,5	16,1	37,8	0,697	0,260	0,182
<i>Eurystomina alekseevi</i>	81,8	8,5	2,0	7,8	26,3	0,327	-0,727	-0,600
<i>Oncholaimium ramosum</i>	72,7	10,5	2,5	9,6	27,6	0,001	0,272	0,406
<i>Enoplus anisospiculus</i>	63,6	15,6	4,6	14,4	31,5	0,798	0,367	0,165
<i>Oncholaimium domesticum</i>	54,5	5,4	1,8	4,9	17,1	0,350	0,771	0,117
<i>Oncholaimium japonicum</i>	36,4	3,2	1,6	2,9	10,8	0,525	0,494	0,024

Вид	F, %	A, 100 экз./м ²	SE, 100 экз./м ²	Доля, %	$\sqrt{F \times A}$	R _{NE}	R _{TM-B}	R _{TM-A}
<i>Pseudoncholaimus urbanus marinus</i>	36,4	2,2	1,2	2,0	8,9	0,327	-0,422	-0,514
<i>Oncholaimus brachycercus</i>	27,3	2,6	1,6	2,4	8,5	0,677	0,201	-0,111
<i>Pseudoncholaimus mediocaudatus</i>	27,3	2,1	1,2	1,9	7,6	0,258	-0,284	-0,181
<i>Acanthonchus tridentatus</i>	27,3	1,8	1,3	1,7	7,0	0,274	-0,250	-0,309
<i>Phanoderma platonovae</i>	27,3	1,3	0,7	1,2	5,9	0,822	-0,009	-0,295
<i>Phanoderma</i> sp.	27,3	0,6	0,4	0,6	4,2	0,546	-0,274	-0,413
<i>Paracanthonchus macrodon</i>	18,2	1,6	1,1	1,5	5,5	0,702	0,226	-0,023
<i>Euchromadora ezoensis</i>	9,1	1,6	1,6	1,5	3,9	-0,097	-0,103	0,425
<i>Pseudoncholaimus dujardinii</i>	9,1	0,6	0,6	0,6	2,4	-0,254	-0,286	0,460
<i>Graphonema ahaeta</i>	9,1	0,5	0,5	0,5	2,2	-0,523	-0,316	-0,462
<i>Pseudoncholaimus furugelmus</i>	9,1	0,5	0,5	0,5	2,2	-0,254	-0,286	0,460
<i>Anticoma possjetica</i>	9,1	0,5	0,5	0,4	2,0	0,066	-0,291	-0,304
<i>Daptonema variassetosa</i>	9,1	0,5	0,5	0,4	2,0	0,329	-0,131	-0,339
<i>Adoncholaimus fervidus</i>	9,1	0,4	0,4	0,3	1,8	-0,097	-0,103	0,425
<i>Pontonema papilliferum</i>	9,1	0,4	0,4	0,3	1,8	-0,254	-0,286	0,460
<i>Diplopeltis</i> sp.	9,1	0,2	0,2	0,2	1,3	0,329	-0,131	-0,339
<i>Panduripharynx pacifica</i>	9,1	0,2	0,2	0,2	1,3	-0,254	-0,286	0,460
<i>Pseudoncholaimus asiaticus</i>	9,1	0,1	0,1	0,1	0,9	0,329	-0,131	-0,339
III. <i>Monoposthia latiannulata</i> + <i>Enoplus anisospiculus</i> (n=13)								
<i>Monoposthia latiannulata</i>	100,0	24,5	3,9	33,7	49,5	0,895	0,308	0,258
<i>Enoplus anisospiculus</i>	76,9	18,9	3,8	26,1	38,2	0,878	0,428	0,171
<i>Anticoma possjetica</i>	76,9	5,5	1,5	7,6	20,6	0,456	0,170	0,132
<i>Oncholaimus brachycercus</i>	53,8	1,6	0,5	2,2	9,3	0,206	-0,338	0,138
<i>Phanoderma platonovae</i>	38,5	3,4	1,7	4,7	11,4	0,508	0,529	0,247
<i>Leptosomatides marinae</i>	30,8	3,2	2,7	4,4	9,9	0,457	-0,204	-0,081
<i>Oncholaimium ramosum</i>	30,8	2,3	1,0	3,2	8,4	-0,106	-0,040	0,070
<i>Pseudoncholaimus dujardinii</i>	23,1	1,2	0,7	1,6	5,2	0,685	0,060	-0,082
<i>Monoposthia costata</i>	23,1	0,5	0,3	0,7	3,5	0,098	-0,201	-0,031
<i>Prochromadorella oculata</i>	23,1	0,5	0,3	0,6	3,3	-0,155	-0,188	-0,343
<i>Eurystomina alekseevi</i>	15,4	0,8	0,6	1,2	3,6	0,210	-0,204	-0,249
<i>Calyptronema stomodentata</i>	15,4	0,5	0,4	0,7	2,9	0,436	-0,143	0,080
<i>Metachromadora</i> sp.	15,4	0,5	0,5	0,7	2,9	-0,166	-0,028	0,087
<i>Axonolaimus seticaudatus</i>	15,4	0,5	0,3	0,6	2,7	0,138	-0,287	-0,231
<i>Halichoanolaimus bispirae</i>	15,4	0,4	0,3	0,5	2,4	0,360	-0,190	0,091
<i>Oncholaimium orientalis</i>	15,4	0,4	0,3	0,5	2,4	0,273	0,205	0,529
<i>Chromadora tridenticulata</i>	15,4	0,3	0,2	0,4	2,2	0,041	0,345	-0,073
<i>Metachromadora itoi</i>	15,4	0,2	0,2	0,3	1,9	-0,272	-0,071	0,426
<i>Pseudoncholaimus furugelmus</i>	15,4	0,2	0,2	0,3	1,9	0,252	-0,220	-0,236
<i>Enoplus michaelsoni</i>	7,7	1,1	1,1	1,5	2,9	-0,088	0,032	0,136
<i>Euchromadora robusta</i>	7,7	0,8	0,8	1,1	2,4	0,552	0,204	-0,021
<i>Daptonema variassetosa</i>	7,7	0,7	0,7	1,0	2,3	0,552	0,204	-0,021
<i>Leptosomatium</i> sp.	7,7	0,7	0,7	1,0	2,3	0,552	0,204	-0,021
<i>Paracanthonchus macrodon</i>	7,7	0,5	0,5	0,6	1,9	0,045	0,661	0,535
<i>Sabatieria palmaris</i>	7,7	0,4	0,4	0,5	1,7	0,221	-0,247	-0,294

Вид	F, %	A, 100 экз./м ²	SE, 100 экз./м ²	Доля, %	$\sqrt{F \times A}$	R _{NE}	R _{TM-B}	R _{TM-A}
<i>Sabatieria pulchra</i>	7,7	0,4	0,4	0,5	1,7	-0,046	-0,052	0,091
<i>Steineridora borealis</i>	7,7	0,4	0,4	0,5	1,7	-0,053	0,100	0,623
<i>Oncholaimium japonicum</i>	7,7	0,2	0,2	0,3	1,3	0,038	-0,187	-0,101
<i>Pseudoncholaimus venustus</i>	7,7	0,2	0,2	0,3	1,3	0,102	0,019	0,080
<i>Tyncnodora rectispiculata</i>	7,7	0,2	0,2	0,3	1,3	-0,053	0,100	0,623
<i>Chromadora nudicapitata</i>	7,7	0,2	0,2	0,2	1,1	0,447	-0,185	–
<i>Diplopeltis</i> sp.	7,7	0,2	0,2	0,2	1,1	-0,046	-0,052	0,091
<i>Halichoanolaimus possjetiensis</i>	7,7	0,2	0,2	0,2	1,1	0,552	0,204	-0,021
<i>Paramonochyстера halerba</i>	7,7	0,2	0,2	0,2	1,1	-0,046	-0,052	0,091
<i>Pseudocella bursata</i>	7,7	0,2	0,2	0,2	1,1	0,102	0,019	0,080
<i>Rhabdodemanía orientalis</i>	7,7	0,2	0,2	0,2	1,1	-0,088	0,032	0,136
<i>Steineridora</i> sp.	7,7	0,2	0,2	0,2	1,1	0,102	0,019	0,080
<i>Theristus acer</i>	7,7	0,2	0,2	0,2	1,1	0,102	0,019	0,080
<i>Thoracostoma</i> sp.	7,7	0,2	0,2	0,2	1,1	-0,046	0,448	-0,178
<i>Phanoderma</i> sp.	7,7	0,1	0,1	0,1	0,8	-0,222	-0,083	-0,249
<i>Tarvaia</i> sp.	7,7	0,1	0,1	0,1	0,8	0,447	-0,185	–
IV. <i>Monoposthia latiannulata</i> (n=9)								
<i>Monoposthia latiannulata</i>	100,0	15,9	6,4	51,8	39,9	0,998	0,935	-0,026
<i>Eurystomina alekseevi</i>	55,6	3,9	1,8	12,7	14,7	0,836	0,588	0,174
<i>Pseudoncholaimus furugelmus</i>	33,3	0,4	0,2	1,4	3,8	-0,117	-0,232	-0,195
<i>Enoplus michaelsoni</i>	22,2	4,7	4,3	15,2	10,2	0,914	0,993	-0,121
<i>Oncholaimium paraolium</i>	22,2	1,9	1,3	6,2	6,5	-0,024	-0,189	0,018
<i>Pseudoncholaimus dujardinii</i>	11,1	1,4	1,4	4,7	4,0	0,194	-0,108	0,274
<i>Leptosomatium</i> sp.	11,1	0,8	0,8	2,5	2,9	0,921	0,998	-0,087
<i>Pseudoncholaimus mediocaudatus</i>	11,1	0,4	0,4	1,4	2,2	-0,169	-0,112	-0,222
<i>Chromadora tridenticulata</i>	11,1	0,3	0,3	1,1	1,9	0,921	0,998	-0,087
<i>Prochromadorella oculata</i>	11,1	0,3	0,3	1,1	1,9	-0,198	-0,074	-0,009
<i>Graphonema ahaeta</i>	11,1	0,2	0,2	0,7	1,6	-0,198	-0,074	-0,009
<i>Monoposthia costata</i>	11,1	0,2	0,2	0,7	1,6	0,921	0,998	-0,087
<i>Oncholaimus brachycercus</i>	11,1	0,1	0,1	0,4	1,1	-0,198	-0,074	-0,009
V. <i>Eurystomina ophthalmophora</i> (n=7)								
<i>Eurystomina ophthalmophora</i>	100,0	13,1	3,3	17,5	36,3	0,535	0,110	0,607
<i>Monoposthia latiannulata</i>	85,7	7,9	2,7	10,5	26,0	0,839	0,422	-0,358
<i>Pseudoncholaimus mediocaudatus</i>	85,7	5,9	1,6	7,8	22,4	-0,042	-0,324	0,164
<i>Calyptronema stomodentata</i>	85,7	4,9	1,7	6,5	20,4	0,905	-0,122	-0,391
<i>Anticoma possjetica</i>	71,4	9,7	4,9	13,0	26,3	0,926	0,392	-0,342
<i>Pseudoncholaimus furugelmus</i>	71,4	3,3	1,3	4,4	15,3	0,658	-0,047	-0,476
<i>Enoplus anisospiculus</i>	57,1	11,3	4,8	15,1	25,4	0,689	0,679	-0,404
<i>Phanoderma platonovae</i>	57,1	7,1	3,2	9,5	20,2	0,616	-0,205	-0,489
<i>Paracanthochus macrodon</i>	42,9	3,6	2,1	4,8	12,4	0,833	0,620	-0,405
<i>Oncholaimium paraolium</i>	42,9	1,6	0,8	2,1	8,2	-0,555	-0,007	0,812

Вид	F, %	A, 100 экз./м ²	SE, 100 экз./м ²	Доля, %	$\sqrt{F \times A}$	R _{NE}	R _{TM-B}	R _{TM-A}
<i>Graphonema ahaeta</i>	42,9	1,0	0,5	1,3	6,5	-0,143	-0,595	-0,474
<i>Diplopeltis</i> sp.	42,9	0,6	0,3	0,8	4,9	0,823	-0,034	0,075
<i>Pontonema papilliferum</i>	28,6	0,9	0,6	1,1	4,9	-0,343	-0,094	0,393
<i>Oxystomina elegans</i>	14,3	1,0	1,0	1,3	3,8	0,661	-0,404	-0,301
<i>Euchromadora ezoensis</i>	14,3	0,9	0,9	1,1	3,5	0,579	0,821	-0,236
<i>Oncholaimus brachycercus</i>	14,3	0,7	0,7	1,0	3,2	0,661	-0,404	-0,301
<i>Pseudoncholaimus venustus</i>	14,3	0,7	0,7	1,0	3,2	0,661	-0,404	-0,301
<i>Sabatieria pulchra</i>	14,3	0,6	0,6	0,8	2,9	0,661	-0,404	-0,301
<i>Leptosomatides marinae</i>	14,3	0,3	0,3	0,4	2,0	0,661	-0,404	-0,301
VI. <i>Pseudoncholaimus mediocaudatus</i> (n=5)								
<i>Pseudoncholaimus mediocaudatus</i>	100,0	7,8	2,5	55,7	27,9	0,983	0,927	0,911
<i>Eurystomina alekseevi</i>	40,0	2,8	1,7	20,0	10,6	0,939	0,745	0,802
<i>Anticoma possjetica</i>	40,0	1,2	0,7	8,6	6,9	0,564	0,611	0,542
<i>Enoplus anisospiculus</i>	40,0	1,2	0,7	8,6	6,9	-0,217	-0,404	-0,188
<i>Metaparoncholaimus japonicus</i>	20,0	0,6	0,6	4,3	3,5	0,904	0,999	0,970
<i>Monoposthia latiannulata</i>	20,0	0,4	0,4	2,9	2,8	-0,425	-0,254	-0,434
VII. <i>Oncholaimium paraolium</i> (n=4)								
<i>Oncholaimium paraolium</i>	100,0	10,8	4,5	58,9	32,8	0,919	0,801	-0,809
<i>Eurystomina alekseevi</i>	50,0	2,3	1,7	12,3	10,6	0,630	-0,175	-0,975
<i>Phanoderma</i> sp.	50,0	1,0	0,6	5,5	7,1	0,961	0,743	-0,875
<i>Oncholaimium domesticum</i>	25,0	2,0	2,0	11,0	7,1	0,772	-0,091	-0,875
<i>Phanoderma platonovae</i>	25,0	1,0	1,0	5,5	5,0	0,337	0,949	–
<i>Steineridora borealis</i>	25,0	0,8	0,8	4,1	4,3	-0,489	-0,597	0,857
<i>Pseudoncholaimus urbanus marinus</i>	25,0	0,5	0,5	2,7	3,5	0,772	-0,091	-0,875
VIII. <i>Eurystomina alekseevi</i> + <i>Anticoma possjetica</i> + <i>Euchromadora ezoensis</i> (n=3)								
<i>Eurystomina alekseevi</i>	100,0	7,7	1,8	17,8	27,7	0,982	0,252	-0,092
<i>Anticoma possjetica</i>	100,0	6,0	0,6	14,0	24,5	1,000	0,431	0,098
<i>Euchromadora ezoensis</i>	66,7	9,0	7,5	20,9	24,5	0,803	-0,192	-0,514
<i>Oncholaimium paraolium</i>	66,7	6,3	3,5	14,7	20,5	0,415	-0,643	-0,865
<i>Monoposthia latiannulata</i>	66,7	5,0	2,5	11,6	18,3	-0,803	0,192	0,514
<i>Metaparoncholaimus japonicus</i>	66,7	1,7	0,9	3,9	10,5	0,982	0,593	0,285
<i>Leptosomatides marinae</i>	33,3	2,0	2,0	4,7	8,2	0,000	0,903	0,995
<i>Pseudoncholaimus dujardinii</i>	33,3	1,7	1,7	3,9	7,5	0,000	0,903	0,995
<i>Oncholaimus brachycercus</i>	33,3	1,3	1,3	3,1	6,7	0,000	0,903	0,995
<i>Calyptonema stomodentata</i>	33,3	0,7	0,7	1,6	4,7	0,000	0,903	0,995
<i>Enoplus anisospiculus</i>	33,3	0,7	0,7	1,6	4,7	0,000	0,903	0,995
<i>Pseudoncholaimus furugelmus</i>	33,3	0,7	0,7	1,6	4,7	-0,866	-0,824	-0,583
<i>Prochromadorella oculata</i>	33,3	0,3	0,3	0,8	3,3	0,000	0,903	0,995

Примечание. F – встречаемость, A и SE – плотность и ее ошибка репрезентативности, R_{NE}, R_{TM-B} и R_{TM-A} – коэффициенты корреляции плотности вида соответственно с общей плотностью нематод, общими биомассой и плотностью макрообрателей.

**Количественные характеристики видов нематод, найденных
в нерасклассифицированных пробах**

Проба (таксоцен)	Вид	Плотность, 100 экз./м ²	Доля от общей численности, %
DC386 (IX)	<i>Oncholaimium ramosum</i>	2	50,0
	<i>Pseudoncholaimus vesicarius</i>	2	50,0
PR147 (X)	<i>Halichoanolaimus bispirae</i>	2	50,0
	<i>Metachromadora itoi</i>	2	50,0
RF155 (XI)	<i>Enoplus anisospiculus</i>	12	34,3
	<i>Monoposthia costata</i>	11	31,4
	<i>Oncholaimium ramosum</i>	5	14,3
	<i>Graphonema ahaeta</i>	2	5,7
	<i>Phanoderma platonovae</i>	2	5,7
	<i>Calyptronema stomodentata</i>	1	2,9
	<i>Halichoanolaimus bispirae</i>	1	2,9
	<i>Spilophorella bidentata</i>	1	2,9
T_C1 (XII)	<i>Euchromadora ezoensis</i>	5	71,4
	<i>Oncholaimium japonicum</i>	2	28,6

Таблица 14

**Матрицы коэффициентов корреляции Пирсона количественных характеристик
в таксоценах нематод**

	<i>Sn</i>	<i>Hn</i>	<i>en</i>	<i>Sm</i>	<i>Am</i>	<i>Bm</i>	<i>Hm</i>	<i>em</i>
Все данные								
<i>An</i>	0,816	0,771	0,005	0,540	0,373	0,309	0,146	-0,352
<i>Sn</i>		0,922	0,017	0,426	0,321	0,117	0,126	-0,304
<i>Hn</i>			0,251	0,462	0,369	0,122	0,160	-0,265
<i>en</i>				0,022	-0,073	-0,117	0,269	0,334
I. <i>Pseudoncholaimus mediocaudatus</i> + <i>Monoposthia latiannulata</i>								
<i>An</i>	0,812	0,803	-0,499	0,678	0,672	0,305	0,281	-0,505
<i>Sn</i>		0,950	-0,528	0,592	0,293	0,529	0,198	-0,540
<i>Hn</i>			-0,403	0,715	0,407	0,476	0,285	-0,638
<i>en</i>				-0,129	-0,042	-0,393	-0,226	-0,019
II. <i>Oncholaimium paraolium</i> + <i>Monoposthia latiannulata</i>								
<i>An</i>	0,777	0,679	-0,734	-0,133	0,041	0,404	-0,477	-0,446
<i>Sn</i>		0,934	-0,684	-0,038	-0,146	-0,152	-0,052	-0,208
<i>Hn</i>			-0,443	0,167	0,097	-0,141	-0,050	-0,296
<i>en</i>				0,139	0,238	-0,024	0,167	0,311

	<i>Sn</i>	<i>Hn</i>	<i>en</i>	<i>Sm</i>	<i>Am</i>	<i>Bm</i>	<i>Hm</i>	<i>em</i>
<i>III. Monoposthia latiannulata + Enoplus anisospiculus</i>								
<i>An</i>	0,734	0,620	-0,569	0,630	0,269	0,441	0,695	-0,319
<i>Sn</i>		0,836	-0,694	0,416	0,176	0,056	0,232	-0,469
<i>Hn</i>			-0,261	0,272	0,361	0,126	0,139	-0,371
<i>en</i>				-0,542	0,042	-0,185	-0,246	0,507
<i>IV. Monoposthia latiannulata</i>								
<i>An</i>	0,789	0,486	0,075	0,784	-0,018	0,926	0,823	-0,115
<i>Sn</i>		0,872	0,414	0,791	-0,262	0,737	0,731	-0,399
<i>Hn</i>			0,750	0,746	-0,419	0,371	0,515	-0,578
<i>en</i>				0,342	-0,753	-0,049	0,169	-0,274
<i>V. Eurystomina ophthalmophora</i>								
<i>An</i>	0,792	0,859	0,192	0,067	-0,312	0,280	0,262	0,217
<i>Sn</i>		0,941	-0,083	-0,224	-0,173	-0,172	0,210	0,298
<i>Hn</i>			0,243	0,082	-0,437	-0,049	0,312	0,267
<i>en</i>				0,848	-0,839	0,155	0,136	-0,249
<i>VI. Pseudoncholaimus mediocaudatus</i>								
<i>An</i>	0,984	0,909	-0,766	0,709	0,920	0,903	-0,479	-0,974
<i>Sn</i>		0,961	-0,670	0,686	0,906	0,875	-0,459	-0,923
<i>Hn</i>			-0,468	0,616	0,799	0,720	-0,323	-0,806
<i>en</i>				-0,345	-0,648	-0,772	0,777	0,810
<i>VII. Oncholaimium paraolium</i>								
<i>An</i>	0,938	0,770	-0,727	-0,752	-0,831	0,699	-0,934	0,939
<i>Sn</i>		0,942	-0,452	-0,693	-0,875	0,757	-0,961	0,907
<i>Hn</i>			-0,127	-0,683	-0,882	0,766	-0,965	0,901
<i>en</i>				0,746	0,836	-0,705	0,938	-0,936
<i>VIII. Eurystomina alekseevi+ Anticomma possjetica+ Euchromadora ezoensis</i>								
<i>An</i>	-0,189	-0,397	-0,982	0,866	0,098	0,431	-0,994	-0,960
<i>Sn</i>		0,976	0,372	-0,655	0,959	0,805	0,080	0,456
<i>Hn</i>			0,564	-0,803	0,874	0,657	0,294	0,638
<i>en</i>				-0,945	0,092	-0,252	0,955	0,996

Примечание. Здесь и далее: *S* – число видов в пробе, *A* – плотность поселения, *B* – биомасса, *H* и *e* – индексы Шеннона–Винера и Пиелу; «п» и «m» – соответственно нематоды и макрообрататели; жирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты корреляции *r*, жирным курсивом – $r > 0,7$, но статистически не значимые.

**Матрицы коэффициентов корреляции Пирсона количественных характеристик
в сообществах макрообратателей**

	<i>Sn</i>	<i>Hn</i>	<i>en</i>	<i>Sm</i>	<i>Am</i>	<i>Bm</i>	<i>Hm</i>	<i>em</i>
<i>I. Balanus rostratus</i>								
<i>An</i>	0,745	0,752	0,066	0,474	0,618	-0,121	-0,158	-0,397
<i>Sn</i>		0,898	-0,224	0,220	0,142	0,254	-0,073	-0,204
<i>Hn</i>			0,054	0,251	0,365	0,089	-0,308	-0,398
<i>en</i>				0,054	0,393	-0,565	-0,055	-0,076
<i>II. Mytilus trossulus</i>								
<i>An</i>	0,796	0,752	-0,057	0,747	0,232	0,404	0,201	-0,448
<i>Sn</i>		0,919	-0,266	0,362	0,668	0,478	0,110	-0,109
<i>Hn</i>			-0,053	0,481	0,626	0,412	0,377	-0,069
<i>en</i>				0,138	-0,115	-0,261	0,395	0,229
<i>III. Jassa marmorata</i>								
<i>An</i>	0,899	0,777	-0,256	0,733	0,769	0,738	0,533	-0,378
<i>Sn</i>		0,964	-0,023	0,555	0,565	0,608	0,509	-0,178
<i>Hn</i>			0,175	0,403	0,415	0,475	0,437	-0,014
<i>en</i>				-0,356	-0,211	-0,214	-0,286	0,350
<i>IV. Crassostrea gigas + Balanus rostratus</i>								
<i>An</i>	0,795	0,784	-0,652	-0,585	0,116	0,320	-0,374	-0,088
<i>Sn</i>		0,906	-0,882	-0,583	-0,395	-0,110	-0,251	0,053
<i>Hn</i>			-0,827	-0,409	-0,203	0,093	-0,243	-0,033
<i>en</i>				0,400	0,566	0,350	-0,188	-0,459
<i>V. Modiolus modiolus + Pachycheles stevensii</i>								
<i>An</i>	0,781	0,640	0,026	-0,755	-0,188	-0,455	0,889	0,906
<i>Sn</i>		0,901	0,200	-0,977	-0,449	-0,911	0,518	0,570
<i>Hn</i>			0,604	-0,971	-0,071	-0,840	0,538	0,589
<i>en</i>				-0,402	0,675	-0,216	0,287	0,305
<i>VI. Hydroides ezoensis</i>								
<i>An</i>	-0,997	-0,975	-0,688	0,784	0,602	0,431	0,965	-0,944
<i>Sn</i>		0,990	0,745	-0,832	-0,666	-0,503	-0,983	0,968
<i>Hn</i>			0,831	-0,902	-0,764	-0,619	-0,999	0,994
<i>en</i>				-0,990	-0,994	-0,951	-0,854	0,889

Сопряженность таксоценов нематод с сообществами макрообратателей, ГТС и частями системы водоохлаждения ВТЭЦ-2

Фактор	Ранг фактора	Таксоцен							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Сообщества макрообратателей	I	9	1	5	2	1	1	0	1
	II	5	1	1	1	2	1	1	1
	III	4	1	0	1	0	2	1	1
	IV	0	6	1	0	0	0	0	0
	V	0	0	3	1	0	0	0	0
	VI	0	0	1	1	0	1	0	0
	VII	0	0	1	1	0	0	0	0
	VIII	0	0	0	0	2	0	0	0
Сообщества тоннеля	Дно	5	1	1	1	–	1	1	0
	Свод	4	1	0	1	–	2	1	1
	Стенки	8	1	0	3	–	2	0	1
ГТС	Насыпь	0	0	4	1	0	0	0	0
	Пирс	1	0	2	1	0	0	0	0
	Водозабор	0	0	4	2	0	0	0	0
	Решетка	0	0	1	0	7	0	0	0
	Сетка	0	0	0	0	0	0	0	1
	Тоннель	17	3	1	5	0	5	2	2
	Канал	0	4	0	0	0	0	0	0
	Река	0	4	1	0	0	0	2	0
Тоннель: топические подразделения	Дно	4	1	1	1	–	1	1	0
	Свод	4	1	0	0	–	2	0	1
	Стенки	9	1	0	4	–	2	1	1
	Левая	5	0	0	1	–	2	0	1
	Правая	4	1	0	3	–	0	1	0
	Ковш	1	0	10	4	0	0	0	0
	Вход	0	0	1	0	7	0	0	1
	Тоннель	17	3	1	5	0	5	2	2
	Выход	0	8	1	0	0	0	2	0
	До	18	3	12	9	7	5	2	3
	После	0	8	1	0	0	0	2	0
Глубина с тоннелем	0-0,5 м	4	5	2	3	–	2	2	1
	0,6-1,0 м	8	5	2	4	–	2	1	1
	> 1,0 м	5	1	8	2	–	1	1	0
Глубина без тоннеля	0-0,5 м	0	4	2	2	–	–	1	–
	0,6-1,0 м	1	4	2	1	–	–	1	–
	> 1,0 м	0	0	6	1	–	–	0	–

Матрицы коэффициентов корреляции Пирсона количественных характеристик нематод на различных ГТС

	<i>S</i>	<i>H</i>	<i>e</i>		<i>S</i>	<i>H</i>	<i>e</i>
Все ГТС				Насыпь			
<i>A</i>	-0,312	0,183	0,298	<i>A</i>	0,922	0,720	0,423
<i>S</i>		0,625	-0,071	<i>S</i>		0,883	0,633
<i>H</i>			-0,108	<i>H</i>			0,907
Пирс				Водозабор			
<i>A</i>	0,845	0,676	-0,958	<i>A</i>	0,937	0,902	0,561
<i>S</i>		0,953	-0,719	<i>S</i>		0,969	0,668
<i>H</i>			-0,564	<i>H</i>			0,780
Решетка				Тоннель весь			
<i>A</i>	0,815	-0,129	0,745	<i>A</i>	0,923	0,943	-0,154
<i>S</i>		-0,265	0,859	<i>S</i>		0,885	-0,137
<i>H</i>			0,246	<i>H</i>			-0,044
Тоннель_свод				Тоннель (дно)			
<i>A</i>	0,895	0,958	-0,312	<i>A</i>	0,897	0,968	-0,152
<i>S</i>		0,761	-0,485	<i>S</i>		0,953	0,114
<i>H</i>			-0,124	<i>H</i>			-0,006
Тоннель_левая				Тоннель (правая стенка)			
<i>A</i>	0,954	0,941	0,004	<i>A</i>	0,906	0,967	-0,133
<i>S</i>		0,894	-0,031	<i>S</i>		0,929	-0,110
<i>H</i>			0,263	<i>H</i>			-0,105
Тоннель_левая и правая				Канал			
<i>A</i>	0,929	0,954	-0,075	<i>A</i>	0,978	0,933	-0,945
<i>S</i>		0,911	-0,069	<i>S</i>		0,904	-0,989
<i>H</i>			0,043	<i>H</i>			-0,870
р. Объяснения							
<i>A</i>	0,903	0,773	0,397				
<i>S</i>		0,944	0,595				
<i>H</i>			0,822				

**Коэффициенты корреляции Пирсона количественных характеристик нематод
и макрообрастателей на отдельных ГТС**

Характеристика нематод	Характеристика макрообрастателей					
	Глубина	Число видов	Плотность	Биомасса	Индекс Шеннона–Винера	Индекс Пиелу
Все ГТС						
<i>A</i>	0,125	-0,070	0,404	0,457	-0,330	0,125
<i>S</i>	0,525	0,675	-0,075	-0,337	0,400	0,525
<i>H</i>	0,538	0,340	0,149	0,013	0,097	0,538
<i>e</i>	0,037	0,267	0,060	-0,028	0,393	0,037
Насыпь						
<i>A</i>	0,376	0,694	-0,594	0,819	0,458	0,678
<i>S</i>	0,657	0,619	-0,798	0,797	0,751	0,845
<i>H</i>	0,647	0,595	-0,931	0,692	0,803	0,841
<i>e</i>	0,455	0,516	-0,900	0,454	0,712	0,727
Пирс						
<i>A</i>	0,696	0,635	0,911	0,384	0,051	-0,411
<i>S</i>	0,304	0,697	0,560	-0,019	-0,222	-0,519
<i>H</i>	0,005	0,510	0,360	-0,305	-0,446	-0,455
<i>e</i>	-0,651	-0,420	-0,962	-0,323	0,066	0,385
Водозабор						
<i>A</i>	0,505	0,835	0,462	0,713	0,970	0,956
<i>S</i>	0,529	0,826	0,347	0,631	0,891	0,869
<i>H</i>	0,580	0,879	0,511	0,729	0,914	0,884
<i>e</i>	0,462	0,590	0,364	0,538	0,624	0,675
Решетка						
<i>A</i>		0,067	0,280	-0,312	0,217	0,262
<i>S</i>		-0,224	-0,172	-0,173	0,298	0,210
<i>H</i>		0,848	0,155	-0,839	-0,249	0,136
<i>e</i>		0,082	-0,049	-0,437	0,267	0,312
Весь тоннель						
<i>A</i>		0,627	0,581	0,349	-0,491	0,082
<i>S</i>		0,706	0,762	0,287	-0,501	0,126
<i>H</i>		0,653	0,620	0,326	-0,508	0,083
<i>e</i>		-0,119	-0,062	-0,250	0,224	0,117
Свод						
<i>A</i>		0,320	0,610	0,435	-0,399	0,031
<i>S</i>		0,539	0,799	0,609	-0,552	0,164
<i>H</i>		0,158	0,458	0,278	-0,239	-0,067
<i>e</i>		-0,037	-0,318	-0,150	0,328	0,233

Характеристика нематод	Характеристика макрообратателей					
	Глубина	Число видов	Плотность	Биомасса	Индекс Шеннона-Винера	Индекс Пиелу
Дно						
<i>A</i>		0,590	0,713	0,539	-0,415	0,408
<i>S</i>		0,823	0,808	0,332	-0,400	0,602
<i>H</i>		0,690	0,765	0,383	-0,320	0,566
<i>e</i>		0,093	0,053	-0,290	0,432	0,326
Левая стенка						
<i>A</i>		0,860	0,641	0,882	-0,710	0,345
<i>S</i>		0,885	0,789	0,910	-0,722	0,275
<i>H</i>		0,925	0,712	0,866	-0,861	0,262
<i>e</i>		0,255	0,177	-0,034	-0,341	0,089
Правая стенка						
<i>A</i>		0,525	0,343	0,551	-0,467	0,086
<i>S</i>		0,661	0,613	0,630	-0,593	-0,013
<i>H</i>		0,596	0,488	0,490	-0,553	0,156
<i>e</i>		-0,547	0,064	-0,300	0,358	-0,483
Левая и правая стенки						
		Sm	Am	Bm	Hm	em
<i>A</i>		0,688	0,495	0,546	-0,579	0,190
<i>S</i>		0,775	0,708	0,597	-0,654	0,107
<i>H</i>		0,763	0,607	0,495	-0,703	0,192
<i>e</i>		-0,177	0,112	-0,213	0,036	-0,295
Канал						
<i>A</i>	0,754	-0,488	0,118	0,520	-0,369	0,373
<i>S</i>	0,773	-0,477	-0,045	0,479	-0,359	0,387
<i>H</i>	0,690	-0,269	0,169	0,699	-0,645	0,068
<i>e</i>	-0,701	0,530	0,191	-0,387	0,389	-0,434
р. Объяснения						
<i>A</i>	0,444	0,197	0,315	0,171	0,109	-0,463
<i>S</i>	0,510	0,230	0,214	0,410	0,078	-0,551
<i>H</i>	0,443	0,339	0,281	0,342	0,254	-0,560
<i>e</i>	-0,177	0,539	0,466	-0,373	0,859	-0,167

Таксономический состав обрастания системы охлаждения ВТЭЦ-2

Algae	<i>B. rostratus</i>	<i>Mitrella burchardi</i>
CHLOROPHYTA	<i>Chthamalus dalli</i>	<i>Pussilina plicosa</i>
<i>Bryopsis plumosa</i>	DECAPODA	NUDIBRANCHIA
<i>Enteromorpha clathrata</i>	<i>Cancer amphioetus</i>	Nudibranchia gen. sp.
<i>Ulva fenestrata</i>	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	BIVALVIA
PHAEOPHYTA	<i>Pachycheles stevensii</i>	<i>Alveinus ojanus</i>
<i>Ectocarpus confervoides</i>	<i>Palaemon macrodactylus</i>	<i>Anadara broughtoni</i>
RHODOPHYTA	<i>Pugettia quadridens</i>	<i>Arca boucardi</i>
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	ISOPODA	<i>Callista breviphonata</i>
<i>Chondrus armatus</i>	<i>Cymodoce acuta</i>	<i>Callithaca adamsi</i>
<i>Ceramium kondoi</i>	<i>Gnorimosphaeroma ovatum</i>	<i>Chlamis farreri nipponensis</i>
<i>Lithothamnion pacificum</i>	<i>Ianropsis serricandis</i>	<i>Crenomytilus grayanus</i>
<i>Ptylota filicina</i>	<i>Limnoria</i> sp.	<i>Crassostrea gigas</i>
Conchocelis	Munnidae gen. sp.	<i>Entodesma naviculoides</i>
Animalia	<i>Paranthura japonica</i>	<i>Hiatella arctica</i>
SPONGIA	AMPHIPODA	<i>Mizuhopecten yessoensis</i>
<i>Halichondria panicea</i>	<i>Amphithoe</i> sp.	<i>Modiolus difficilis</i>
COELENTERATA	<i>Calliopius laeviusculus</i>	<i>Modiolus</i> sp.
<i>Bougainvillia ramosa</i>	<i>Caprella cristibracium</i>	<i>Musculista senhousia</i>
<i>Cnidopus japonica</i>	<i>C. mutica</i>	<i>Mya pseudoarenaria</i>
<i>Metridium senile</i>	<i>C. neglecta</i>	<i>Mya japonica</i>
<i>Obelia longissima</i>	<i>Caprella</i> sp.	<i>Mya</i> sp. juv.
POLYCHAETA	<i>Corophium acherusicum</i>	<i>Mytilus trossulus</i>
<i>Arabella iricilor</i>	<i>Corophium</i> sp.	<i>Ruditapes philippinarum</i>
<i>Chrysopetalum occidentale</i>	Jassa marmorata	<i>Septifer keenae</i>
<i>Halosydna brevisetosa</i>	<i>Ishyrocerus</i> sp.	<i>Trapezium liratum</i>
<i>Hydroides ezoensis</i>	<i>Melita</i> sp.	<i>Turtonia minuta</i>
<i>Neodexiospira alveolata</i>	<i>Mesostenothoides uenoi</i>	BRYOZOA
<i>Nereis multignatha</i>	<i>Metopelloides barnardi</i>	<i>Bugula pacifica</i>
<i>N. vexillosa</i>	<i>M. schellenbergi</i>	<i>Bugula</i> sp.
<i>N. zonata</i>	<i>M. zernovi</i>	<i>Conopeum seurati</i>
<i>Nereis</i> sp.	<i>Odius kelleri</i>	ECHINODERMATA
<i>Platyeris bicanaliculata</i>	<i>Pareurystheus gurjanovae</i>	<i>Amphiodia fissa</i>
<i>Polydora limicola</i>	<i>Parhyale zibellina</i>	<i>Aphelasterias japonica</i>
Polynoidae (larvae)	<i>Pontogeneia rostrata</i>	<i>Asterias amurensis</i>
<i>Potamilla</i> sp.	<i>P. mokyevskii</i>	<i>Distolasterias nipon</i>
<i>Typosyllis nipponica</i>	<i>Pontogeneia</i> sp.	<i>Patiria pectinifera</i>
<i>T. orientalis</i>	<i>Pleusymtes</i> sp.	<i>Apostichopus japonicus</i>
<i>T. occidentalis</i>	<i>Prostenothoe sextonae</i>	<i>Strongylocentrotus nudus</i>
<i>Typosyllis</i> sp.	PANTOPODA	<i>S. intermedius</i>
Terebellidae gen. sp.	<i>Lecythorhyncus hilgendorfi</i>	TUNICATA
SIPUNCULA	LORICATA	<i>Aplidium tenuicaudum</i>
<i>Phascolosoma japonica</i>	<i>Ischnochiton hakodadensis</i>	<i>Molgula manhattensis</i>
CIRRIPEDIA	GASTROPODA	<i>Styela clava</i>
<i>Amphibalanus amphitrite</i>	<i>Epheria turrata</i>	
<i>A. improvisus</i>	<i>Littorina mandschurica</i>	
<i>B. crenatus</i>		
	<i>Nucella hyseana</i>	

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 1

Таксономический состав и обилие видов фитопланктона в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в 2001-2002 гг.

ТАКСОН	б. Сухопутная				б. Золотой Рог			
	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима
Цyanophyta								
<i>Microcystis</i> sp.	–	1	1	–	–	–	–	–
<i>Merismopedia</i> sp.	–	–	–	–	–	1	–	–
Chrysophyta								
<i>Chrysochromulina</i> sp.	–	–	2	–	–	–	4	–
<i>Dictyocha fibula</i> Ehr.	1	1	1	–	1	–	1	–
<i>D. speculum</i> (Ehr.) Haeck.	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>D. speculum</i> var. <i>octonanus</i> (Ehr.) Jorg.	1	1	–	–	–	–	1	–
<i>Ebria tripartita</i> (Schum.) Lernm.	–	–	–	–	–	1	–	–
Bacillariophyta								
<i>Amphiprora</i> sp.	1	–	1	1	–	–	–	–
<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castr.) Round	–	–	2	2	–	1	2	2
<i>Bacteriastrum delicatulum</i> Cl.	–	–	1	1	–	–	–	2
<i>B. hyalinum</i> Laud.	–	–	1	–	–	–	–	–
<i>Bellerochea malleus</i> f. <i>malleus</i> (Bright.) Van Heurck	–	–	1	–	–	–	–	–
<i>Cerataulina dentata</i> Hasle	–	2	–	–	–	3	1	–
<i>C. pelagica</i> (Cl.) Hendey	–	–	1	–	–	1	1	–
<i>Chaetoceros affinis</i> Laud.	–	–	2	2	–	1	2	–
<i>C. atlanticus</i> Cl.	–	1	–	2	–	–	1	–
<i>C. brevis</i> Schutt	–	1	1	–	–	–	1	–
<i>C. compressus</i> Laud.	1	1	2	1	–	1	2	1
<i>C. constrictus</i> Gran	–	1	2	1	2	1	2	1
<i>C. convolutus</i> Castr.	–	–	1	–	–	–	–	–
<i>C. curvisetus</i> Cl.	–	2	2	–	2	2	3	–
<i>C. danicus</i> Cl.	1	–	1	1	1	–	–	1
<i>C. debilis</i> Cl.	2	–	–	2	2	–	–	4
<i>C. decipiens</i> Cl.	2	1	2	2	2	2	2	2
<i>C. diadema</i> (Her.) Gran	–	–	1	–	–	–	–	–
<i>C. didymus</i> Ehr. Var. <i>didymus</i>	1	1	2	2	1	–	2	2
<i>C. didymus</i> Ehr. var. <i>protuberans</i>	–	–	2	1	–	–	1	2
<i>C. didymus</i> var. <i>anglica</i> (Grun.) Gran	–	1	–	–	–	–	–	–
<i>C. lacinosus</i> (Ehr.) Gran 1	–	2	2	–	–	1	–	–
<i>C. lauderi</i> Ralfs	–	1	2	–	–	–	1	–

ТАКСОН	б. Сухопутная				б. Золотой Рог			
	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима
<i>C. peruvianus</i> Bright.	–	1	1	–	–	1	1	1
<i>C. pseudocrinitus</i> Ostf.	2	–	–	2	2	–	–	4
<i>C. simplex</i> Ostf.	1	–	1	–	–	–	1	–
<i>C. socialis</i> Laud.	–	–	1	–	–	–	2	–
<i>Cocconeis</i> sp.	1	1	1	1	–	–	–	–
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough	–	–	1	1	–	–	1	–
<i>C. oculus iridis</i> Ehr.	1	1	1	1	–	1	1	–
<i>C. perforatus</i> Ehr.	–	1	–	–	–	–	–	–
<i>Coscinodiscus</i> sp.	–	1	1	–	–	–	1	–
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reiman et Lewin	2	1	2	–	–	1	3	1
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	1	2	2	–	1	1	4	–
<i>Diploneis</i> sp.	–	1	1	–	–	–	—>	–
<i>Ditylum brightwellii</i> (West) Grun.	1	2	2	1	1	2	1	1
<i>Eucampia cornuta</i> (Cl.) Grun.	–	1	–	–	–	–	–	–
<i>E. zodiacus</i> Ehr.	2	1	2	–	2	–	3	–
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngb.) Kutz.	1	1	1	1	1	–	1	–
<i>Guinardia delicatula</i> (Cleve) Hasle	–	–	–	–	1	–	–	–
<i>G. flaccida</i> (Cast.) H. Perag.	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>G. striata</i> (Stolterfoth) Hasle	–	–	–	–	–	1	–	–
<i>Gyrosigma fasciola</i> Ehr. var. <i>fasciola</i>	1	–	–	–	–	–	–	–
<i>G. fasciola</i> var. <i>arctuata</i> (Donk.) Cl.	1	–	–	–	–	–	–	–
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grun.	–	1	1	–	–	1	1	–
<i>H. membranaceus</i> Cl.	–	–	1	–	–	–	–	–
<i>H. sinensis</i> Grev.	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cl.	1	2	2	–	1	2	4	–
<i>L. mediterraneus</i> (H. Perag.) Hasle	–	2	2	–	–	2	2	–
<i>L. minimus</i> Gran	2	–	–	1	4	–	–	2
<i>Licmophora abbreviata</i> Ag.	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>L. ehrenbergii</i> (Kutz.) Grun.	2	2	–	1	1	–	–	1
<i>Licmophora</i> sp.	–	–	–	1	1	1	–	1
<i>Melosira moniliformis</i> (O.F.Mull.) Ag.	1	–	1	1	2	1	–	1
<i>Navicula granii</i> (Jorg.) Granl	1	–	–	–	–	–	–	–
<i>Navicula</i> sp. 1	1	1	1	1	–	1	–	–
<i>Navicula</i> sp. 2	1	2	1	1	–	–	–	1
<i>Nitzschia longissima</i> (Breb.) Ralfs	–	–	1	1	–	1	1	1
<i>N. longissima</i> (Breb.) Ralfs var. <i>reversa</i> Grun.	1	–	1	1	–	1	–	–
<i>N. rectilonga</i> Takano (?)	–	–	1	–	–	1	1	–
<i>Nitzschia</i> sp.	2	–	2	1	–	1	–	–
<i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) Ag.	1	1	1	1	1	–	1	1
<i>Pleurosigma formosum</i> W. Sm.	1	1	–	1	1	1	1	1
<i>Pleurosigma</i> sp.	–	1	–	–	–	–	1	1
<i>Pseudo-nitzschia americana</i> (Hasle) Fryxell	–	–	–	2	–	–	–	1

ТАКСОН	б. Сухопутная				б. Золотой Рог			
	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима
<i>P. pungens</i> (Grun. ex Cl.) Hasle	–	2	2	2	2	2	2	2
<i>P. pseudodelicatissima</i> Hasle	2	2	3	–	–	–	2	2
<i>Pyxidicula nipponica</i> (Gran et Yendo) Streln. et Nikolaev	–	–	–	1	–	–	–	1
<i>Rhizosolenia hebetata</i> f. <i>hiemalis</i> Gran	–	–	–	1	–	–	–	1
<i>R. hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran	–	1	1	–	–	1	1	–
<i>R. pungens</i> Cleve-Euler	–	–	–	1	–	–	–	–
<i>R. setigera</i> Bright.	1	1	1	1	1	1	2	1
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) CL	3	3	3	1	5	4	3	2
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grun.	–	2	3	2	2	2	3	2
<i>Thalassiosira mala</i> Takano	–	–	–	–	–	–	–	1
<i>T. nordenskioldii</i> Cl.	2	–	–	3	2	–	–	2
<i>T. rotula</i> Meunier	–	1	1	–	–	–	1	–
<i>Thalassiosira</i> sp. 1	–	1	–	–	–	–	–	–
<i>Thalassiosira</i> sp. 2	–	1	1	–	–	–	–	–
Cryptophyta								
<i>Chroomonas</i> sp.	–	–	–	–	–	4	–	–
<i>Cryptomonas</i> sp.	1	1	1	–	–	–	–	–
Dinophyta								
<i>Akashiwo sanguinea</i> Hirasaka (= <i>Gymnodinium sanguineum</i> Hirasaka)	–	–	–	–	–	1	1	–
<i>Amylax triacantha</i> (Jorg.) Sournia	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>Ceratium furca</i> (Ehr.) Clap. et Lachm.	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>C. fusus</i> (Ehr.) Duj.	–	–	–	–	–	1	–	–
<i>C. fusus</i> var. <i>seta</i> (Ehr.) Jorg.	1	–	1	1	1	1	1	1
<i>Dinophysis acuminata</i> Clap. et Lachm.	1	1	1	1	1	1	1	–
<i>D. acuta</i> Ehr.	1	1	–	–	–	–	1	–
<i>D. fortii</i> Pav.	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>D. punctata</i> Jorg.	1	–	–	–	1	–	–	–
<i>D. rotundata</i> Clap. et Lachm.	1	–	1	–	–	–	1	1
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh f. <i>lenticula</i>	–	1	1	–	–	1	1	–
<i>D. lenticula</i> f. <i>globularis</i> I. Kiss	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>Dissodinium pseudolunula</i> Swift ex Elbr. et Drebr.	–	–	1	–	–	1	1	–
<i>Gonyaulax digitalis</i> (Pouch.) Kof.	–	1	–	–	–	–	–	–
<i>G. spinifera</i> (Clap. et Lachm) Dies.	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>G. verior</i> Sournia	–	–	–	–	–	–	2	–
<i>Gymnodidium blax</i> Harris	–	–	–	–	1	1	–	–
<i>G. simplex</i> (Lohm.) Kof. et Sw.	–	1	1	–	1	1	1	–
<i>Gymnodinium</i> sp.	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>Gyrodinium fissum</i> (Lev.) Kof. et Sw.	–	–	–	–	–	1	–	–
<i>G. fusiforme</i> Kof. et Sw.	1	1	1	–	1	1	1	–
<i>G. lachryma</i> (Meunier) Kof. et Sw.	–	–	1	–	–	–	2	–
<i>G. spirale</i> (Bergh) Kof. et Sw.	–	–	–	–	–	1	–	–
<i>Gyrodinium</i> sp.	–	–	–	–	1	–	1	1
<i>Heterocapsa rotundata</i> (Loch.) Hansen								

ТАКСОН	б. Сухопутная				б. Золотой Рог			
	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима
(= <i>Katodinium rotundatum</i> (Lohm) Loeblich)	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>H. triquetra</i> (Ehr.) Balech	1	–	1	–	–	–	–	–
<i>Katodinium glaucum</i> (Lebour) Loeblich	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>Noctiluca scintillans</i> (Macart) Ehr.	1	1	1	–	1	–	1	1
<i>Oblea rotunda</i> Balech ex Sourmia	–	1	–	–	–	–	1	–
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i> Kof.	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>Oxyrrhis marina</i> Duj.	–	1	1	–	–	1	1	–
<i>Oxytoxum sceptrum</i> (Stein) Schrod.	1	–	–	–	–	1	1	–
<i>O. sphaeroideum</i> Stein.	–	1	–	–	–	–	1	–
<i>O. tessellatum</i> (Stein) Schutt	1	–	–	–	–	–	1	–
<i>Peridinium quinquecorne</i> Abe	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>Polykrikos schwartzii</i> Butsch.	–	–	–	–	–	2	–	–
<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domer.	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>Prorocentrum micans</i> Ehr.	–	–	1	–	–	–	1	–
<i>P. triestinum</i> Schill.	–	1	1	–	–	2	3	–
<i>Protoperidinium bipes</i> (Pauls.) Balech	–	–	1	1	1	–	1	1
<i>P. conicum</i> (Gran) Balech	–	1	1	–	–	–	1	–
<i>P. depressum</i> (Bail.) Balech	1	–	–	1	–	1	–	–
<i>P. divergens</i> (Ehr.) Balech	1	–	1	–	–	–	1	–
<i>P. granii</i> (Ostf.) Balech	1	–	–	–	–	–	1	–
<i>P. leonis</i> (Pav.) Balech	1	1	1	–	1	–	–	–
<i>P. pallidum</i> (Ostf.) Balech	–	–	–	–	–	–	1	–
<i>P. pellucidum</i> Bergh	–	1	1	–	3	1	2	–
<i>P. pentagonum</i> (Gran) Balech	1	–	1	–	–	–	–	1
<i>Protoperidinium</i> sp.	1	–	–	–	–	–	1	–
<i>Pyrophacus horologicum</i> Stein	–	1	1	–	–	–	1	–
<i>P. steinii</i> (Schill.) Wall et Dale	–	–	1	–	1	–	1	–
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich	–	1	1	–	1	–	–	–
Raphidophyta								
<i>Chattonella globosa</i> Hara et Chihara	–	–	2	–	–	–	4	–
<i>Heterosigma akashiwo</i> (Hada) Hada	–	–	–	–	–	–	4	–
Euglenophyta								
<i>Euglena</i> sp.	1	–	–	–	1	–	–	–
<i>Eutreptia globulifera</i> Van Goor	–	1	–	–	5	–	–	2
<i>E. lanowii</i> Steuer	2	–	–	–	5	1	3	2
<i>Eutreptiella gymnastica</i> Throndsen	1	–	–	–	5	2	–	–
Chlorophyta								
<i>Pyramimonas</i> sp.	–	–	–	1	–	–	–	5
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Breb. var. <i>quadricauda</i>	–	2	–	–	–	–	–	–
Small flagellates	1	2	1	–	–	5	4	–

Примечание. Цифрами обозначено обилие вида: 1 – менее 10 тыс. кл./л; 2 – от 10 тыс. до 100 тыс. кл./л; 3 – от 100 тыс. до 1 млн кл./л; 4 – от 1 млн до 10 млн кл./л; 5 – более 10 млн кл./л, прочерк – вид не найден.

**Список микроводорослей перифитона и эпифитов макрообрастания экспериментальных
пластин (июнь-ноябрь 2001 г.) в бухтах Золотой Рог и Сухопутная и их качественные
характеристики**

ТАКСОН	Экологическая характеристика						Фитогео- графиче- ская харак- теристика	бух. Золо- той Рог	бух. Сухо- пут- ная
	Место- обита- ние	Жиз- ненная форма	Под- виж- ность	Соле- ность	Ацидо- филь- ность	Са- проб- ность			
BACILLARIOPHYTA									
<i>Coscinodiscophyceae</i>									
<i>Actinoptychus</i> sp.	БП	Свж.	-	М	alf	-	-	-/+	-/+
<i>Arahnodiscus ehrenbergii</i> Bail.	БП	Свж.	-	М	alf	-	К	-/-	+/-
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve	ФП	Кол.	-	М	alf	-	К	+/-	-/-
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenb.	ФП	Кол.	-	М	alf	-	К	-/-	+/+
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough	БП	Свж.	-	М	alf	-	К	-/+	-/-
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> Ehrenb.	БП	Свж.	-	М	alf	β	К	+/+	+/+
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunov	ФП	Свж.	-	М	alf	-	ТБ	+/+	+/+
<i>Eucampia zodiacus</i> Ehrenb.	ФП	Кол.	-	М	alf	-	Б	+/+	+/+
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunov	ФП	Кол.	-	М	alf	-	К	+/+	-/+
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (H. Perag.) Hasle	ФП	Кол.	-	М	alf	-	К	+/+	+/+
<i>Melosira lineata</i> (Dillw.) C. Agardh	БП	Кол.	-	МС	alf	α	К	+/-	+/-
<i>Melosira moniliformis</i> (O.F. Müll.) C. Ag.	БП	Кол.	-	МС	alf	α	К	+/+	+/+
<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i> Grunov	БП	Кол.	-	МС	alf	α	К	-/-	+/+
<i>Odontella aurita</i> (Lyngb.) C. Agardh	БП	Кол.	-	М	alf	-	ТАБ	+/+	+/+
<i>Rhizosolenia setigera</i> Brightw.	ФП	Свж.	-	М	alf	-	К	+/+	+/+
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	ФП	Кол.	-	МС	alf	α	К	+/+	+/+
<i>Trigonium arcticum</i> f. <i>balea-</i> <i>num</i> (Ehrenb.) Meunier	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	-	АБ	-/-	+/+
<i>Fragilariophyceae</i>									
<i>Ardissonaea crystallina</i> (Agar- dh) Grunov	МФБ	Кол.	Пр.	М	alf	β	БТ	-/-	-/+
<i>Asterionella formosa</i>	ФП	Кол.	-	П	alf	о	К	-/+	-/-
<i>Diatoma tenuis</i> C. Agardh	БП	Кол.	-	ПС	ind	β-α	К	+/-	-/-
<i>Falcula media</i> Voigt var. <i>sub-</i> <i>salina</i> Proschk.-Lavr.	МФБ	Кол.	Пр.	М	alf	-	К	+/-	-/-
<i>Fragilaria striatula</i> Lyngb.	БП	Кол.	-	М	alf	-	АБ	+/+	+/+
<i>Grammatophora marina</i> (Lyn- gb.) Kütz.	МФБ	Кол.	Пр.	М	alf	β	Б	+/+	+/+
<i>Licmophora abbreviata</i> C. Agardh	МФБ	Кол.	Пр.	М	alf	β	К	+/+	+/+

ТАКСОН	Экологическая характеристика						Фитогеографическая характеристика	бух. Золотой Рог	бух. Сухопутная
	Местообитание	Жизненная форма	Подвижность	Соленость	Ацидофильность	Сапробность			
<i>Licmophora flabellata</i> (Grunov) C. Agardh	МФБ	Кол.	Пр.	М	alf	β	К	+/+	+/+
<i>Striatella delicatula</i> (Kütz.) Grunov	БП	Кол.	–	МС	alf	–	Б	+/-	+/-
<i>Striatella unipunctata</i> (Lyngb.) C. Agardh	БП	Кол.	–	М	alf	–	Б	-/-	+/+
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngb.) Kütz.	БП	Кол.	Пр.	М	alf	–	К	-/-	-/+
<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) Williams et Round	МФБ	Кол.	Пр.	МС	ind	χο	К	-/+	+/+
<i>Tabularia</i> sp.	МФБ	Кол.	-	–	-	–	–	-/-	-/+
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunov	БП	Кол.	–	МС	alf	–	ТАБ	+/+	+/+
<i>Bacillariophyceae</i>									
<i>Achnanthes brevipes</i> C. Agardh	МФБ	Кол.	Пр.	МС	alf	β	К	+/+	+/+
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i> (Kütz.) Cleve	МФБ	Кол.	Пр.	СМ	alf	β	К	-/-	-/+
<i>Amphora angusta</i> Greg.	МФБ	Свж.	Под.	МС	alf	β	Б	+/+	+/+
<i>Amphora caroliniana</i> Giffen	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	β	Б	-/+	-/-
<i>Amphora hyalina</i> Kütz.	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	β	К	+/+	+/+
<i>Amphora proteus</i> Greg.	МФБ	Свж.	Под.	МС	alf	β	ТБ	+/+	+/+
<i>Amphora</i> sp.	МФБ	Свж.	Под.	–	–	–	–	-/-	-/+
<i>Bacillaria paxillifer</i> (O.F. Müll.) Hendeby	БП	Кол.	–	МС	alf	ο	К	+/+	+/+
<i>Cocconeis costata</i> Greg.	МФБ	Свж.	Пр.	М	alf	β	Б	+/+	+/+
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenb.	МФБ	Свж.	Пр.	М	alf	β	К	+/-	+/+
<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>adjuncta</i> A. Schmidt	МФБ	Свж.	Пр.	М	alf	β	Б	-/-	-/+
<i>Cocconeis</i> sp.	МФБ	Свж.	–	–	–	–	–	-/-	+/+
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenb.) Reim. et Lewin	БП	Свж.	–	МС	alf	β	К	+/+	+/+
<i>Cymbella</i> sp.	МФБ	Свж.	Под.	–	-	–	–	-/+	-/+
<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenb.) Cleve	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	–	АБТ	-/-	-/+
<i>Diploneis interrupta</i> (Kütz.) Cleve	МФБ	Свж.	Под.	СМ	alf	ο	АБТ	-/-	-/+
<i>Diploneis smithii</i> (Bréb.) Cleve	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	–	К	-/+	+/+
<i>Diploneis subcincta</i> (A. Schmidt) Cleve	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	–	Б	-/+	+/-
<i>Donkinia recta</i> (Donkin) Grunov	БП	Свж.	Под.	С	alf	–	Б	+/-	+/+
<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenb.) Ehrenb.	БП	Свж.	Под.	МС	alf	–	К	+/+	+/+

ТАКСОН	Экологическая характеристика						Фитогеографическая характеристика	бух. Золотой Рог	бух. Сухопутная
	Местообитание	Жизненная форма	Подвижность	Соленость	Ацидофильность	Сапробность			
<i>Eunotia</i> sp.	МФБ	Свж.	Под.	–	alf	–	–	–/+	–/–
<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenb.) Rabenh.	БП	Свж.	Под.	М	alf	–	К	–/–	+/–
<i>Gyrosigma fasciola</i> (Ehrenb.) Griff. et Henfr.	БП	Свж.	Под.	М	alf	–	АБ	–/–	+/–
<i>Gyrosigma tenuissimum</i> (W. Sm.) Griff. et Henfr.	МФБ	Свж.	Под.	М	–	–	АБ	+/+	+/+
<i>Haslea subagnita</i> (Proschk.–Lavr.) Makar. et Kar.	МФБ	Свж.	Под.	МС	–	–	Б	–/–	+/–
<i>Lyrella</i> sp.	МФБ	Свж.	Под.	–	alf	–	–	–/–	–/+
<i>Navicula ammophila</i> var. <i>intermedia</i> Grunov	МФБ	Свж.	Под.	М	–	–	Б	–/–	+/+
<i>Navicula cancellata</i> var. <i>retusa</i> (Bréb.) Cleve	МФБ	Свж.	Под.	МС	–	–	К	+/+	–/–
<i>Navicula directa</i> (W. Sm.) Ralfs ex Pritch.	МФБ	Свж.	Под.	МС	alf	–	АБ	+/–	+/+
<i>Navicula distans</i> (W. Sm.) Ralfs ex Pritch.	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	–	АБ	–/–	+/+
<i>Navicula perhombus</i> Hustedt	МФБ	Свж.	Под.	М	–	–	БГ	–/–	–/+
<i>Navicula</i> sp.	МФБ	Свж.	Под.	–	–	–	–	+/+	+/–
<i>Nitzschia angularis</i> W. Sm.	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	α	К	–/–	–/+
<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i> Proschk.–Lavr.	МФБ	Свж.	Под.	МС	alf	β	К	+/+	+/+
<i>Nitzschia longissima</i> (Bréb. ex Kütz.) Ralfs ex Pritch.	БП	Свж.	Под.	П	alf	–	К	+/+	+/+
<i>Nitzschia sigma</i> (Kütz.) W. Sm.	МФБ	Свж.	Под.	ПС	alf	β – α	–	–/+	+/+
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Ehrenb.) W. Sm.	МФБ	Свж.	Под.	П	alf	σ	–	–/+	+/+
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kütz.) Hantzsch ex Rabenh.	МФБ	Свж.	Под.	П	alf	σ	–	–/+	+/+
<i>Nitzschia</i> sp.	МФБ	Свж.	Под.	–	–	–	–	+/+	+/+
<i>Parlibellus delognei</i> (V.H.) E.J. Cox	МФБ	Кол.	Под.	С	alf	–	АБ	+/+	+/+
<i>Parlibellus rhombica</i> (Greg.) L.I. Ryab.	МФБ	Кол.	Под.	М	alf	–	Б	–/+	+/+
<i>Plagiotropis elegans</i> (W. Sm.) Grunov	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	σ	Б	–/–	+/–
<i>Pleurosigma clevei</i> Grunov	МФБ	Свж.	Под.	М	–	–	АБ	–/–	–/+
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Sm.	МФБ	Свж.	Под.	М	ind	–	К	+/–	+/+
<i>Pleurosigma intermedium</i> W. Sm.	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	–	Б	+/+	+/+

ТАКСОН	Экологическая характеристика						Фитогеографическая характеристика	бух. Золотой Рог	бух. Сухопутная
	Местообитание	Жизненная форма	Подвижность	Соленость	Ацидофильность	Сапробность			
<i>Pleurosigma naviculaceum</i> Bréb.	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	–	АБ	+/+	+/+
<i>Psammodyction constrictum</i> (Greg.) D.G. Mann	МФБ	Свж.	Под.	СМ	alf	–	АБТ	–/+	–/–
<i>Psammodyction panduriforme</i> (Greg.) D.G. Mann	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	–	АБ	+/+	+/+
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle	ФП	Кол.	–	М	–	–	ТБ	+/-	–/–
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> (Grunov ex Cleve) Hasle	ФП	Кол.	–	М	–	–	Б	–/+	+/-
<i>Rhoicosphenia marina</i> (W. Sm.) M. Schmidt	МФБ	Кол.	Пр.	М	alf	β	К	+/+	+/+
<i>Surirella fastuosa</i> Ehrenb.	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	–	АБТ	–/+	–/+
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenb.) Cleve	МФБ	Свж.	Под.	М	alf	–	Б	+/-	+/+
<i>Undatella lineolata</i> (Ehrenb.) L.I. Ryab.	МФБ	Свж.	Под.	МС	alf	β	Б	+/+	+/+
CHRYSTOPHYTA									
<i>Chrysophyceae</i>									
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenb.	ФП	Свж.	–	М	–	–	К	+/+	+/+
<i>D. speculum</i> Ehrenb.	БП	Свж.	–	М	–	–	К	+/+	+/+
DINOPHYTA									
<i>Dinophyceae</i>									
<i>Dinophysis acuminata</i> Clap. et Lachm.	ФП	Свж.	–	М	–	–	К	–/–	+/-
<i>Prorocentrum triestinum</i> Schill.	ФП	Свж.	–	М	–	–	ТБ	+/+	–/+
<i>Protoperidinium depressum</i> (Bail.) Balech	ФП	Свж.	–	М	–	–	К	–/–	+/+
<i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh	ФП	Свж.	–	М	–	–	К	+/-	–/+
<i>Pyrophacus steinii</i> (Schill.) Wall et Dale	ФП	Свж.	–	М	–	–	К	–/+	+/+

Примечание. Приуроченность к местообитанию: МФБ – микрофитобентосный, БП – бентосно–планктонный, ФП – фитопланктонный; жизненная форма: Свж. – свободноживущие, Кол. – колониальные; подвижность: Под. – подвижные, Пр. – прикрепленные; встречаемость: перифитон/эпифит; приуроченность к солености: М – морской, МС – морской и солоноватоводный, С – солоноватоводный, ПС – пресноводный и солоноватоводный, П – пресноводный; ацидофильность: alf – алкалофилы, ind – индифферентные, сапробность: α – альфа–мезосапробионты, β – бета–мезосапробионты, α–β – альфа–бетамезосапробионты, β–α – бета–альфамезосапробионты, о – олигосапробионты, χ–ο – ксено–олигосапробионты, χ–α – ксено–альфамезосапробионты; фитогеографическая характеристика: К – космополит, Б – бореальный, АБ – аркто–бореальный, ТАБ – тропическо–аркто–бореальный, ТБ – тропическо–бореальный, Т – тропический. Подвижность приводится только для бентосных и некоторых бентосно–планктонных форм микроводорослей; прочерк – данные отсутствуют.

Доминантные и субдоминантные виды микроводорослей перифитона на экспериментальных пластинах с 15-суточным сроком экспозиции в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в летне-осенний период 2001 г. (по рис. 7)

Месяц	Вид	бух. Золотой Рог				бух. Сухопутная			
		Плотность		Биомасса		Плотность		Биомасса	
		млн кл./м ²	%	мг/м ²	%	млн кл./м ²	%	мг/м ²	%
VI	<i>Fragilaria striatula</i>	0,16	35,7	0,23	33,9	19,2	83,4	6,5	26,7
	<i>Odontella aurita</i>	–	–	–	–	–	–	11,7	47,8
	<i>Licmophora abbreviata</i>	–	–	–	–	–	–	4,2	17
	<i>Melosira moniliformis</i>	0,13	28,5	0,21	31,7	–	–	–	–
	<i>Navicula</i> sp.	0,11	22,3	–	–	–	–	–	–
VI	<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,24	28,8	–	–	–	–	–	–
	<i>Fragilaria striatula</i>	0,16	23,6	0,23	19,3	14	77,7	10	52,8
	<i>Tabularia fasciculata</i>	0,12	17,2	0,28	23,5	–	–	–	–
	<i>Grammatophora marina</i>	–	–	0,22	18,4	–	–	–	–
	<i>Licmophora abbreviata</i>	–	–	0,17	14,4	–	–	–	–
VII	<i>Navicula</i> sp.	–	–	–	–	1,6	17,7	0,96	12,8
	<i>Nitzschia</i> sp.	0,04	49,9	–	–	4,8	51,6	1	14,1
	<i>Tabularia fasciculata</i>	0,03	24	0,06	34,9	–	–	–	–
	<i>Licmophora abbreviata</i>	–	–	0,07	42,9	–	–	–	–
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	–	–	–	–	1,3	15,9	–	–
	<i>Coscinodiscus oculus iridis</i>	–	–	–	–	–	–	1,8	24,2
	<i>Parlibellus delognei</i>	–	–	–	–	–	–	1,15	15,4
VII	<i>Nitzschia</i> sp.	1,6	67,5	–	–	4	28,2	–	–
	<i>Tabularia fasciculata</i>	0,34	15,9	0,86	19,8	2	15,1	–	–
	<i>Grammatophora marina</i>	–	–	1,2	27,6	–	–	–	–
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	–	–	–	–	3,6	26	–	–
	<i>Bacillaria paxillifer</i>	–	–	–	–	2,4	16,8	7,4	21,3
	<i>Melosira moniliformis</i>	–	–	–	–	–	–	15,4	44,2
VIII	<i>Skeletonema costatum</i>	1,6	86,4	0,66	33,2	–	–	–	–
	<i>Prorocentrum triestinum</i>	0,16	9,6	–	–	–	–	–	–
	<i>Ditylum brightwellii</i>	–	–	0,84	42	–	–	–	–
	<i>Nitzschia</i> sp.	–	–	–	–	1,2	73,2	0,47	20,6
	<i>Tabularia fasciculata</i>	–	–	–	–	0,14	7,9	–	–
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	–	–	–	–	0,1	5,9	–	–
	<i>Melosira moniliformis</i>	–	–	–	–	–	–	0,56	24,5
	<i>Grammatophora marina</i>	–	–	–	–	–	–	0,31	13,7
	<i>Gyrosigma tenuissimum</i>	–	–	–	–	–	–	0,3	13,1
VIII	<i>Skeletonema costatum</i>	0,24	42,2	–	–	–	–	–	–
	<i>Nitzschia</i> sp.	0,1	21,1	–	–	0,4	57,6	–	–
	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	–	–	0,84	62,2	–	–	–	–
	<i>Gyrosigma tenuissimum</i>	–	–	0,2	14,8	–	–	–	–
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	–	–	–	–	0,2	28,8	–	–
	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	–	–	–	–	–	–	1	47,6
	<i>Ditylum brightwellii</i>	–	–	–	–	–	–	0,5	21,9

Месяц	Вид	бух. Золотой Рог				бух. Сухопутная			
		Плотность		Биомасса		Плотность		Биомасса	
		млн кл./м ²	%	мг/м ²	%	млн кл./м ²	%	мг/м ²	%
IX	<i>Amphora angusta</i>	8	40	11,5	22,8	–	–	–	–
	<i>Nitzschia</i> sp.	9,6	48,1	–	–	0,4	60,9	–	–
	<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	–	–	17,2	34,2	–	–	–	–
	<i>Eucampia zodiacus</i>	–	–	16	31,8	–	–	–	–
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	–	–	–	–	0,12	21,3	–	–
	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	–	–	–	–	–	–	1	40
	<i>Ditylum brightwellii</i>	–	–	–	–	–	–	0,7	26,8
IX	<i>Amphora angusta</i>	0,36	53	0,57	28,7	–	–	–	–
	<i>Skeletonema costatum</i>	0,24	31,8	–	–	–	–	–	–
	<i>Coscinodiscus oculus iridis</i>	–	–	0,42	22,5	–	–	–	–
	<i>Nitzschia</i> sp.	–	–	–	–	0,8	53,7	0,2	14,2
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	–	–	–	–	0,3	26,8	–	–
	<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	–	–	–	–	–	–	0,4	20,9
X	<i>Nitzschia</i> sp.	0,14	81,3	–	–	10	57	0,2	14,2
	<i>Coscinodiscus oculus iridis</i>	–	–	2,26	85,7	–	–	–	–
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	–	–	–	–	6	34,2	–	–
	<i>Parlibellus delognei</i>	–	–	–	–	–	–	1,92	12,2
	<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	–	–	–	–	–	–	1,38	16,9
X	<i>Amphora caroliniana</i>	0,48	59,1	2,3	75,2	–	–	–	–
	<i>Skeletonema costatum</i>	0,16	20,6	–	–	–	–	–	–
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	–	–	–	–	0,48	44,8	2,1	69,7
	<i>Nitzschia</i> sp.	–	–	–	–	0,24	26,8	–	–
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	–	–	–	–	0,14	17,4	–	–
XI	<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,36	35,2	0,18	13,8	3,6	78	–	–
	<i>Skeletonema costatum</i>	0,36	35,2	0,15	11,4	–	–	–	–
	<i>Nitzschia</i> sp.	0,2	19,6	–	–	–	–	–	–
	<i>Nitzschia longissima</i>	–	–	0,41	31,7	–	–	–	–
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	–	–	–	–	0,48	9,3	2,1	29,6
	<i>Parlibellus delognei</i>	–	–	–	–	0,28	4,9	1,15	16
	<i>Bacillaria paxilifer</i>	–	–	–	–	–	–	1,6	22
XI	<i>Skeletonema costatum</i>	4,8	86,8	2	21,6	–	–	–	–
	<i>Melosira lineata</i>	–	–	3,45	47,2	–	–	–	–
	<i>Grammatophora marina</i>	–	–	1,7	19,8	–	–	–	–
	<i>Bacillaria paxilifer</i>	–	–	–	–	2,4	34,6	29,8	61,8
	<i>Skeletonema costatum</i>	–	–	–	–	2	28,8	–	–
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	–	–	–	–	1,2	16,7	6,2	12,8

Нагрузки факторов, полученных методом главных компонент и вращением квартимакс, при анализе плотности микроводорослей перифитона, поселившихся в течение 15 суток на экспериментальных пластинах, экспонировавшихся в бух. Золотой Рог в летне-осенний период 2001 г.

Вид	Фактор								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дата максимума фактора	01.06.	16.07.	02.08.	15.08.	31.08.	02.10.	16.10.	29.10.	13.11.
<i>Fragilaria striatula</i>	-0,963	0,029	0,078	0,102	0,090	0,098	0,095	0,046	0,109
<i>Navicula</i> sp.	-0,963	0,073	0,080	0,096	0,091	0,091	0,089	0,037	0,107
<i>Pleurosigma elongatum</i>	-0,962	0,070	0,087	0,099	0,086	0,096	0,092	0,045	0,106
<i>Melosira moniliformis</i>	-0,908	0,058	0,079	0,113	0,089	0,040	0,045	0,033	0,145
<i>Cocconeis costata</i>	-0,048	-0,993	0,045	0,045	0,035	0,031	0,043	-0,010	0,041
<i>Trachyneis aspera</i>	0,084	-0,993	0,030	0,030	0,024	0,016	0,029	-0,019	0,027
<i>Rhoicosphenia marina</i>	0,084	-0,993	0,030	0,030	0,024	0,016	0,029	-0,019	0,027
<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	0,087	-0,993	0,032	0,001	0,027	0,018	0,031	-0,018	0,029
<i>Licmophora flabellata</i>	0,101	-0,959	0,039	0,040	0,041	0,023	0,045	-0,010	-0,241
<i>Tabularia fasciculata</i>	-0,178	-0,946	-0,003	0,106	0,078	0,118	0,093	0,063	0,088
<i>Prorocentrum triestinum</i>	0,130	0,088	-0,956	0,103	0,074	0,109	0,089	0,103	0,078
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0,125	0,082	-0,950	0,101	0,142	0,108	0,088	0,099	0,075
<i>Ditylum brightwellii</i>	0,161	0,130	-0,756	0,106	-0,581	0,106	0,081	0,048	0,101
<i>Gyrosigma tenuissimum</i>	0,090	0,053	0,040	-0,980	0,088	0,060	0,071	0,043	0,084
<i>Bacillaria paxillifera</i>	0,086	0,077	0,051	-0,979	0,086	0,058	0,069	0,042	0,082
<i>Psammodictyon panduriformis</i>	0,086	0,077	0,051	-0,979	0,086	0,058	0,069	0,042	0,082
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	0,092	0,083	0,055	-0,978	0,094	0,054	-0,013	0,046	0,087
<i>Cocconeis scutellum</i>	0,126	-0,679	0,060	-0,704	0,082	0,055	0,073	0,017	0,081
<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	0,084	0,021	-0,017	0,028	-0,990	0,008	0,010	0,060	-0,009
<i>Eucampia zodiacus</i>	0,071	0,079	-0,025	0,024	-0,987	0,017	0,006	0,062	0,049
<i>Navicula directa</i>	0,070	0,078	-0,025	0,024	-0,987	0,017	0,006	0,062	0,048
<i>Amphora angusta</i>	0,076	0,084	-0,022	0,026	-0,987	0,015	0,010	0,067	0,053
<i>Nitzschia</i> sp.	0,095	-0,080	-0,013	0,026	-0,985	0,012	0,010	0,045	0,054
<i>Ampora hyalina</i>	0,105	0,114	-0,001	0,047	-0,952	0,014	-0,228	0,042	-0,089
<i>Protoperidinium pellucidum</i>	-0,220	0,080	0,040	0,070	-0,912	0,066	0,050	0,113	0,071
<i>Cylindrotheca closterium</i>	-0,026	0,065	0,080	0,039	-0,909	0,099	0,096	-0,297	-0,037
<i>Parlibellus delognei</i>	0,041	-0,472	0,097	0,114	-0,793	0,028	0,134	-0,102	0,142
<i>Pleurosigma intermedium</i>	0,186	0,137	0,129	0,134	0,154	-0,864	-0,199	0,132	0,144
<i>Coscinodiscus oculus iridis</i>	0,192	0,144	0,153	0,158	0,149	-0,863	0,240	0,158	0,166
<i>Dictyocha fibula</i>	0,183	0,140	0,126	0,132	0,163	-0,768	-0,462	0,128	0,141
<i>Distephanus speculum</i>	0,372	0,172	0,355	0,259	0,195	0,514	0,172	0,391	0,220
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0,071	0,071	0,046	0,050	0,098	-0,047	-0,983	0,042	0,052
<i>Donkinia recta</i>	0,071	0,071	0,046	0,050	0,098	-0,047	-0,983	0,042	0,052

Вид	Фактор								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>P. pseudodelicatissima</i>	0,071	0,071	0,046	0,050	0,098	-0,047	-0,983	0,042	0,052
<i>Ampora lineolata</i>	0,097	0,101	0,032	0,058	-0,331	-0,037	-0,925	0,066	0,070
<i>Amphora proteus</i>	-0,050	0,160	0,089	0,125	0,094	0,124	0,101	-0,932	0,132
<i>Nitzschia longissima</i>	0,219	-0,304	0,116	0,048	0,082	0,128	0,102	-0,893	0,038
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,177	0,160	0,114	0,115	0,090	0,108	0,114	-0,671	-0,654
<i>Melosira lineata</i>	0,067	0,082	0,059	0,040	0,063	0,026	0,043	0,018	-0,988
<i>M. moniliformis subglobosa</i>	0,063	0,078	0,056	0,037	0,060	0,025	0,059	0,031	-0,987
<i>Entomineis alata</i>	0,063	0,078	0,056	0,037	0,060	0,025	0,059	0,031	-0,987
<i>Skeletonema costatum</i>	0,127	0,125	-0,243	0,037	0,123	0,068	0,073	0,011	-0,939
<i>Odontella aurita</i>	-0,005	-0,296	0,064	0,052	0,083	0,034	0,072	0,014	-0,931
<i>Achnanthes brevipes</i>	0,124	0,153	0,072	0,080	-0,364	0,006	-0,230	0,006	-0,872
<i>Grammatophora marina</i>	0,045	-0,531	0,073	0,078	0,086	0,047	0,042	0,004	-0,833
<i>Licmophora abbreviata</i>	-0,352	-0,163	0,375	0,310	0,210	0,189	0,239	0,070	-0,446
Объясняемая дисперсия	4,389	7,269	2,901	4,729	9,002	2,555	4,427	2,520	7,130
Доля (%) объясняемой дисперсии	0,095	0,158	0,063	0,103	0,196	0,056	0,096	0,055	0,155

Примечание. Здесь и в табл. 6 жирным шрифтом выделены нагрузки >0,7 (49 % и более дисперсии переменной объясняется действием данного фактора), жирным курсивом – нагрузки, на которые следует обратить внимание.

Таблица 5

Нагрузки факторов, полученных методом главных компонент и вращением квартимакс, при анализе плотности микроводорослей перифитона, поселившихся за 15 суток на экспериментальных пластинах, экспонировавшихся в бух. Сухопутная в летне-осенний период 2001 г.

Вид	Фактор										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дата максимума фактора	<i>01.06</i>	<i>15.06</i>	<i>02.07</i>	<i>16.07</i>	<i>02.08</i>	<i>15.08</i>	<i>31.08</i>	<i>15.09</i>	<i>02.10</i>	<i>29.10</i>	<i>13.11</i>
<i>Licmophora abbreviata</i>	-0,977	-0,036	0,054	0,059	0,080	0,058	0,066	0,081	0,112	0,055	0,028
<i>Pleurosigma elongatum</i>	-0,974	-0,035	0,051	0,018	0,076	0,055	0,062	0,076	0,107	0,090	0,092
<i>Navicula amorphila</i> var. <i>intermedia</i>	-0,970	0,152	0,035	0,047	0,064	0,049	0,052	0,065	0,092	0,075	0,072
<i>Odontella aurita</i>	-0,964	0,088	0,028	0,009	0,088	0,061	0,072	0,089	0,110	0,102	-0,121
<i>Fragilaria striatula</i>	-0,836	-0,477	0,056	0,047	0,088	0,060	0,076	0,089	0,126	0,108	0,122
<i>Amphora angusta</i>	0,420	0,363	0,279	-0,390	0,128	0,050	-0,279	-0,324	0,337	0,348	-0,161
<i>Diploneis subsinecta</i>	-0,027	-0,982	0,076	0,013	0,052	0,026	0,049	0,052	0,076	0,069	0,096
<i>Navicula rhombica</i>	-0,027	-0,982	0,076	0,013	0,052	0,026	0,049	0,052	0,076	0,069	0,096
<i>Haslea subagnita</i>	-0,027	-0,982	0,076	0,013	0,052	0,026	0,049	0,052	0,076	0,069	0,096
<i>Achnanthes brevipes</i>	-0,007	-0,949	0,095	0,041	0,067	0,037	0,061	0,068	0,094	0,086	-0,241
<i>Navicula</i> sp.	-0,017	-0,830	-0,498	0,075	0,094	0,074	0,088	0,088	0,118	0,110	0,044
<i>Parlibellus delognei</i>	0,044	-0,655	-0,229	0,015	0,076	0,091	0,117	0,124	-0,560	-0,368	0,155

Вид	Фактор										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Coscinodiscus oculus iridis</i>	0,124	-0,610	-0,555	0,156	0,141	0,153	-0,347	0,143	0,176	0,167	-0,193
<i>Gyrosigma balticum</i>	0,102	0,044	-0,973	0,094	0,070	0,079	0,067	0,060	0,071	0,071	0,047
<i>Amphora</i> sp.	-0,140	0,081	-0,956	0,105	0,086	0,090	0,079	0,075	0,093	0,089	0,064
<i>Gyrosigma fasciola</i>	0,158	0,107	-0,913	-0,145	0,112	-0,095	0,097	0,125	-0,187	0,133	0,098
<i>Rhoicosphenia marina</i>	0,118	-0,255	-0,853	-0,361	0,105	0,087	0,086	0,088	0,097	0,108	0,089
<i>Cocconeis scutellum</i>	-0,015	0,061	0,030	-0,992	0,059	0,019	0,025	0,043	0,026	0,054	0,041
<i>Melosira moniliformis</i>	0,079	0,067	0,030	-0,990	0,025	0,021	0,028	0,044	0,008	0,052	0,040
<i>Nitzschia sigma</i>	0,075	0,092	0,023	-0,989	0,050	0,013	0,018	0,035	0,014	0,043	0,030
<i>Grammatophora marina</i>	0,045	0,006	-0,062	-0,988	-0,006	0,040	0,054	0,067	0,055	0,080	0,006
<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	0,091	0,102	-0,001	-0,985	0,065	0,023	0,026	0,034	-0,046	0,043	-0,021
<i>Striatella unipunctata</i>	0,090	0,104	-0,018	-0,980	0,062	0,021	0,029	0,053	-0,058	-0,079	0,046
<i>Tabularia fasciculata</i>	-0,295	-0,071	-0,054	-0,930	0,029	0,053	0,064	0,083	0,083	0,102	0,092
<i>Cocconeis costata</i>	-0,027	-0,348	-0,077	-0,911	-0,019	0,052	0,069	0,083	0,084	0,103	0,100
<i>Bacillaria paxillifera</i>	0,091	0,081	0,074	-0,678	0,066	0,025	0,032	0,059	0,050	0,031	-0,712
<i>Navicula directa</i>	0,088	0,081	0,080	0,072	-0,961	0,081	0,099	0,071	0,118	0,084	0,091
<i>Psammodyctyon panduriformis</i>	0,088	0,081	0,080	0,072	-0,961	0,081	0,099	0,071	0,118	0,084	0,091
<i>Trachyneis aspera</i>	0,080	0,100	0,094	0,066	-0,960	0,005	0,110	0,090	0,085	0,103	0,108
<i>Gyrosigma tenuissimum</i>	0,132	0,117	0,112	0,131	-0,954	0,075	-0,035	0,105	-0,015	0,104	0,001
<i>Protoperidinium depressum</i>	0,125	0,119	0,093	0,125	0,109	-0,931	0,069	0,120	0,138	0,121	0,121
<i>Dinophysis acuminata</i>	0,125	0,119	0,093	0,125	0,109	-0,931	0,069	0,120	0,138	0,121	0,121
<i>Pleurosigma intermedium</i>	0,305	0,243	0,304	0,236	0,328	0,430	-0,369	0,280	0,279	0,235	0,245
<i>Amphora proteus</i>	0,235	-0,388	0,286	0,057	0,285	-0,401	0,297	0,309	-0,357	0,279	0,282
<i>Pseudo nitzschia pungens</i>	0,117	0,095	0,104	0,115	0,090	0,154	-0,933	0,105	0,117	0,111	0,115
<i>Pyrophacus steinii</i>	0,117	0,095	0,104	0,115	0,090	0,154	-0,933	0,105	0,117	0,111	0,115
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	0,179	0,158	0,147	0,177	0,147	-0,533	-0,679	0,166	0,188	0,171	0,175
<i>Ditylum brigtwellii</i>	0,179	0,158	0,147	0,177	0,147	-0,542	-0,671	0,166	0,189	0,172	0,175
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0,068	0,067	0,074	0,081	0,071	0,041	0,054	-0,979	0,016	0,072	0,075
<i>Eucampia zodiacus</i>	0,068	0,067	0,074	0,081	0,071	0,041	0,054	-0,979	0,016	0,072	0,075
<i>Arahnodiscus ehrenbergii</i>	0,068	0,067	0,074	0,081	0,071	0,041	0,054	-0,979	0,016	0,072	0,075
<i>Nitzschia sigmaidea</i>	0,068	0,067	0,074	0,081	0,071	0,041	0,054	-0,979	0,016	0,072	0,075
<i>Entomoneis alata</i>	0,084	0,078	-0,001	0,096	-0,003	0,055	0,069	-0,977	0,032	0,085	0,087
<i>Ampora hyalina</i>	0,050	0,053	0,074	0,111	0,033	0,029	0,047	0,123	-0,978	-0,046	0,001
<i>Chaetoceros didymus</i>	0,040	0,045	0,061	0,099	0,024	0,024	0,041	0,112	-0,977	0,091	0,066
<i>Nitzschia hybrida</i>	0,065	0,010	0,083	0,040	0,043	0,020	0,064	-0,083	-0,975	0,121	0,097
<i>Nitzschia</i> sp.	0,148	0,128	-0,347	-0,208	-0,012	0,055	0,067	0,099	-0,865	0,158	0,090
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,144	0,109	-0,079	-0,357	0,094	0,040	0,078	0,130	-0,807	-0,384	-0,040

Вид	Фактор										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дата максимума фактора	01.06	15.06	02.07	16.07	02.08	15.08	31.08	15.09	02.10	29.10	13.11
<i>Donkinia recta</i>	0,166	0,144	0,198	0,189	0,157	0,155	0,034	-0,393	-0,766	0,196	-0,218
<i>Ampora lineolata</i>	0,092	0,091	0,116	0,145	0,079	0,059	0,026	-0,576	-0,766	0,136	-0,025
<i>Navicula distans</i>	0,061	0,064	0,080	0,121	0,048	0,031	0,048	0,117	-0,706	-0,667	0,094
<i>Trigonium arcticum</i>	0,044	0,042	0,047	0,047	0,041	0,017	0,025	0,045	0,026	-0,991	0,061
<i>Plagiotropis lipedoptera</i>	0,043	0,041	0,047	0,063	0,040	0,017	0,024	0,045	0,026	-0,991	0,061
<i>Melosira lineata</i>	0,043	0,041	0,047	0,063	0,040	0,017	0,024	0,045	0,026	-0,991	0,061
<i>Nitzschia vermicularis</i>	0,056	0,044	0,070	0,086	0,051	0,023	0,031	0,057	0,042	-0,951	-0,262
<i>Dictyocha fibula</i>	0,115	0,098	0,122	0,113	0,127	0,123	0,132	0,112	0,089	-0,931	0,113
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,265	0,213	0,282	0,220	0,306	0,341	0,355	0,227	0,174	-0,579	0,058
<i>Cocconeis</i> sp.	0,045	0,015	0,074	0,075	0,037	0,020	0,024	0,042	0,052	0,048	-0,989
<i>Diatoma</i> sp.	0,045	0,015	0,074	0,075	0,037	0,020	0,024	0,042	0,052	0,048	-0,989
<i>Striatella delicatula</i>	0,045	0,015	0,074	0,075	0,037	0,020	0,024	0,042	0,052	0,048	-0,989
<i>Skeletonema costatum</i>	0,050	0,019	0,080	0,085	0,039	0,016	0,028	0,052	-0,025	0,056	-0,987
<i>Licmophora flabellata</i>	0,080	0,027	0,098	-0,179	0,051	0,031	0,040	0,069	0,060	-0,269	-0,930
<i>M. moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i>	-0,512	0,099	0,085	0,093	0,068	0,046	0,050	0,074	0,098	0,085	-0,825
<i>Distephanus speculum</i>	0,090	-0,246	-0,476	0,123	0,087	0,070	0,074	0,086	0,108	0,102	-0,801
Объясняемая дисперсия	5,698	6,537	5,283	9,255	4,319	3,029	3,441	6,039	7,199	6,918	8,282
Доля (%) объясняемой дисперсии	0,086	0,099	0,080	0,140	0,065	0,046	0,052	0,092	0,109	0,105	0,125

Таблица 6

Матрица коэффициентов корреляции первичных кластеров переменных (плотность поселения микроводорослей перифитона) для экспериментальных пластин с 15-суточной экспозицией в бухтах Сухопутная (над диагональю) и Золотой Рог (под диагональю)

Кластер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1,000	-0,040	-0,058	-0,039	-0,135	-0,092	-0,127	0,119	-0,100	-0,029	-0,169
2	-0,031	1,000	0,020	-0,098	0,025	-0,151	0,071	-0,038	-0,118	-0,050	-0,196
3	-0,069	0,084	1,000	-0,017	0,047	-0,038	-0,131	-0,032	-0,095	-0,036	-0,218
4	0,005	-0,122	-0,104	1,000	-0,097	0,143	-0,151	0,180	-0,168	-0,063	-0,135
5	-0,125	-0,103	-0,164	-0,083	1,000	-0,074	-0,116	-0,174	-0,129	-0,086	-0,157
6	-0,111	-0,063	-0,110	-0,139	-0,152	1,000	-0,183	-0,022	-0,115	0,001	-0,219
7	0,135	-0,123	-0,144	-0,100	-0,123	-0,185	1,000	-0,123	-0,090	-0,021	-0,126
8	-0,081	0,100	-0,073	-0,144	-0,095	-0,073	-0,152	1,000	-0,153	0,018	-0,162
9	-0,113	-0,118	-0,134	0,251	-0,091	-0,126	-0,125	-0,136	1,000	-0,007	-0,090
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,000	-0,003
11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,000

Примечание. Жирным шрифтом выделены максимальные коэффициенты корреляции, прочерк – фактор отсутствует.

Доминантные и субдоминантные виды диатомовых водорослей эпифитов и животных макробрастания на экспериментальных пластинах с нарастающим сроком экспозиции в бухтах Сухопутная и Золотой Рог в летне-осенний период 2001 г.

Дата	Диатомовые водоросли				Животные макробрастания						
	Вид	Плотность		Биомасса		Вид	Плотность		Биомасса		
		млн кл./м ²	%	мг/м ²	%		экз./м ²	%	г/м ²	%	
				бух. Сухопутная							
15.06	<i>Fragilaria striatula</i>	12,9	52,4	9,3	21,3	<i>Neodexiospira alveolata</i>	500	42,9	1	23,8	
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	6	24,3	—	—	<i>Mytilus trossulus</i>	533	45,7	0,1	2,4	
	<i>Parlibellus delognei</i>	4,9	20	23,7	54,3	<i>Epheria turrita</i>	133	11,4	—	—	
	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	—	—	3,5	8,1	<i>Obelia longissima</i>	—	—	3	23,8	
	<i>Licmophora abbreviata</i>	—	—	2,3	5,2						
	<i>Navicula</i> sp.	1,2	43,5	0,4	11,6						
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,6	21,5	—	—						
02.07	<i>Fragilaria striatula</i>	0,45	16,3	0,3	8,7	<i>Balanus crenatus</i>	1133	29,6	0,04	1,36	
	<i>Cocconeis costata</i>	0,23	8,1	—	—	<i>Mytilus trossulus</i>	1233	32,2	0,8	27,2	
	<i>Grammatophora marina</i>	—	—	0,8	21,3	<i>Polydora limicola</i>	633	16,5	0,03	1,02	
	<i>Odontella aurita</i>	—	—	0,6	16,6						
	<i>Nitzschia hybrida</i> f. <i>hyalina</i>	—	—	0,2	9,5						
16.07	<i>Bacillaria paxillifer</i>	4,3	32,3	13,5	36,4	<i>Mytilus trossulus</i>	6766	19,5	—	—	
	<i>Cocconeis costata</i>	1,5	11,6	—	—	<i>Balanus improvisus</i>	20333	58,6	663	88,6	
	<i>Nitzschia</i> sp.	5,9	44,4	2,2	5,8	<i>Balanus crenatus</i>	1633	4,7	46	6,1	
	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	—	—	14,1	38,3	<i>Polydora limicola</i>	5667	16,3	—	—	
	<i>Grammatophora marina</i>	—	—	2,1	5,7						
	<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	—	—	1,9	5,2						
	<i>Nitzschia</i> sp.	0,28	42,1	0,1	9,9						
02.08	<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,14	22,5	—	—	<i>Mytilus trossulus</i>	12500	47,3	140	27	
	<i>Tabularia fasciculata</i>	0,09	14,7	0,12	11,6	<i>Balanus improvisus</i>	11000	41,7	260	50,1	
	<i>Cocconeis costata</i>	0,03	5,02	—	—	<i>Balanus crenatus</i>	1200	4,5	70	13,5	
	<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	—	—	0,27	26,7						
	<i>Grammatophora marina</i>	—	—	0,23	23,07						
	<i>Gyrosigma tenuissimum</i>	—	—	0,105	10,5						

Дата	Диагномовые водоросли					Животные макрообрастания				
	Вид	Плотность		Биомасса		Вид	Плотность		Биомасса	
		млн кл./м ²	%	мг/м ²	%		экз./м ²	%	г/м ²	%
15.08	<i>Nitzschia</i> sp.	4,9	44,9	—	—	<i>Balanus improvisus</i> <i>Mytilus trossulus</i>	17000 12000	55,7 39,3	340 170	51,9 25,9
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	2,3	20,9	—	—					
	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	0,78	7,3	23,8	26,7					
	<i>Bacillaria paxillifer</i>	0,61	5,7	4,4	4,9					
	<i>Ditylum brightwellii</i>	0,62	5,8	35,7	40					
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	—	—	17,2	19,3					
31.08	<i>Nitzschia</i> sp.	8,8	72,8	3,2	12,1	<i>Balanus improvisus</i> <i>Mytilus trossulus</i>	24000 7200	70,8 21,2	1120 850	38 28,9
	<i>Cocconeis costata</i>	0,92	7,6	—	—					
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,76	6,9	—	—					
	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	—	—	8,5	32,4					
	<i>Ditylum brightwellii</i>	—	—	2,7	10,4					
	<i>Pleurosigma intermedium</i>	—	—	4,9	18,8					
<i>Donkinia recta</i>	—	—	1,73	6,6						
15.09	<i>Nitzschia</i> sp.	3,5	57,4	—	—	<i>Balanus improvisus</i> <i>Mytilus trossulus</i> Ascidiacea gen. sp.	18000 6500 —	68,2 24,6 —	1460 2470 820	28,7 48,6 16,1
	<i>Psammodyctyon panduriforme</i>	0,77	12,6	7,4	13,5					
	<i>Parlibellus delognei</i>	0,3	4,9	—	—					
	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	—	—	24,1	43,7					
	<i>Odontella aurita</i>	—	—	4,5	8,2					
	<i>Grammatophora marina</i>	—	—	3,06	5,5					
02.10.	<i>Nitzschia</i> sp.	28,6	87,4	13,7	33,2	<i>Mytilus trossulus</i> <i>Balanus improvisus</i> Ascidiacea gen. sp.	18000 6800 —	72,6 28,4 —	7840 1620 630	49,3 10,2 4,4
	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	—	—	9,7	23,4					
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	—	—	6,8	16,5					
	<i>Grammatophora marina</i>	—	—	2,7	6,6					
16.10	<i>Nitzschia</i> sp.	7,2	59,8	3,5	21,9	<i>Mytilus trossulus</i> <i>Balanus improvisus</i> Ascidiacea gen. sp.	17000 6000 —	70,5 24,9 —	6840 1120 630	78,3 12,8 7,2
	<i>Cocconeis</i> sp.	1,7	14,6	2,1	13,4					
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,8	6,6	—	—					
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	—	—	3,4	21,6					
<i>Donkinia recta</i>	—	—	1,7	10,7						

Дата	Диадомовые водоросли				Животные макрообрастания					
	Вид	Плотность		Биомасса		Вид	Плотность		Биомасса	
		млн кл./м ²	%	мг/м ²	%		экз./м ²	%	г/м ²	%
13.11	<i>Navicula</i> sp.	14,4	42,8	—	—	<i>Mytilus trossulus</i> <i>Balanus improvisus</i> Ascidacea gen. sp.	12400	71,7	7500	83,2
	<i>Bacillaria paxillifer</i>	13,3	39,2	163,9	64,8		3800	21,9	730	8,1
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	2,08	6,2	—	—		—	—	620	6,8
	<i>Skeletonema costatum</i>	—	—	48,4	19,09		—	—	—	—
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	—	—	18,4	7,3		—	—	—	—
бух. Золотой Рог										
15.06	<i>Fragilaria striatula</i>	2,5	34,8	3,9	21	<i>Polydora limicola</i> <i>Balanus crenatus</i>	9200	35,2	460	28,4
	<i>Tabularia fasciculata</i>	3,9	53	8,4	53,6		14900	57	1160	71,5
02.07	<i>Licmophora abbreviata</i>	—	—	3,8	24	<i>Polydora limicola</i> <i>Balanus crenatus</i> <i>Mytilus trossulus</i>	8733	33,4	437	42,8
	<i>Skeletonema costatum</i>	15,2	88,7	6,3	56,1		8433	32,2	370	36,2
	<i>Tabularia fasciculata</i>	—	—	4,2	37,3		8966	34,3	210	20,6
16.07	<i>Skeletonema costatum</i>	100	95,9	41,7	84,3	<i>Polydora limicola</i> <i>Balanus crenatus</i> <i>Mytilus trossulus</i>	26267	31	1313	32
	<i>Skeletonema costatum</i>	—	—	—	—		13166	15,5	2003	48,9
02.08	<i>Skeletonema costatum</i>	14,7	97	6,8	40	<i>Polydora limicola</i> <i>Balanus crenatus</i> <i>Mytilus trossulus</i>	23600	37,6	1180	19,3
	<i>Ditylum brightwellii</i>	—	—	9,3	55		4500	7,1	1420	23,2
	<i>Skeletonema costatum</i>	—	—	—	—		32000	51	2950	48,3
15.08	<i>Skeletonema costatum</i>	22	84,9	9,2	8	<i>Hydroides ezoensis</i> <i>Polydora limicola</i> <i>Balanus crenatus</i> <i>Mytilus trossulus</i>	4000	7,6	—	—
	<i>Ditylum brightwellii</i>	1,4	5,4	79,7	69,6		17400	33	870	12,5
31.08	<i>Amphora angusta</i>	2	38,5	2,88	8,8	<i>Mytilus trossulus</i> <i>Polydora limicola</i> <i>Balanus crenatus</i>	3800	7,2	1730	24,9
	<i>Nitzschia</i> sp.	2,07	39,9	—	—		24000	45,6	6958,3	50,9
	<i>Eucampia zodiacus</i>	0,74	14,3	—	—		13000	61,9	2850	50,7
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,27	5,2	—	—		2800	13,3	—	—
	<i>Ditylum brightwellii</i>	—	—	14,9	45,5		2600	12,3	1920	34,1
	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> <i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	—	—	4,06	12,4		—	—	—	—
				8,5	26					

Дата	Диагномные водоросли					Животные макрообрастания				
	Вид	Плотность		Биомасса		Вид	Плотность		Биомасса	
		млн кл./л/м ²	%	мг/м ²	%		экз./м ²	%	г/м ²	%
15.09	<i>Nitzschia</i> sp.	0,15	69,2	0,05	14,5	<i>Balanus crenatus</i>	2200	10	2200	32,3
	<i>Parlibellus delognei</i>	0,02	9,4	—	—	<i>Balanus improvisus</i>	1900	8,6	720	10,7
	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,01	6,9	0,08	21,5	<i>Mytilus trossulus</i>	16200	73,7	3670	54,5
02.10.	<i>Nitzschia</i> sp.	40,8	86,1	—	—	<i>Mytilus trossulus</i>	14300	82,6	6150	62,2
	<i>Coscinodiscus oculus iridis</i>	—	—	27,1	26,3	<i>Balanus crenatus</i>	1200	6,9	2850	28,8
	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	—	—	31,9	32	<i>Balanus improvisus</i>	1800	10,4	890	8,99
16.10	<i>Nitzschia</i> sp.	5,9	74,3	2,1	20,4	<i>Mytilus trossulus</i>	17300	77,2	7050	69,7
	<i>Undatella lineolata</i>	1,2	15,5	5,7	54,9	<i>Balanus crenatus</i>	1900	8,5	2150	21,2
	<i>Amphora angusta</i>	0,45	5,7	0,65	6,3	<i>Balanus improvisus</i>	1500	6,7	690	6,8
	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	—	—	0,92	8,9					
29.10	<i>Skeletonema costatum</i>	3,8	53,9	1,59	5,7					
	<i>Melosira lineata</i>	0,96	13,6	13,8	49,2	<i>Mytilus trossulus</i>	19500	80,6	11000	79,9
	<i>Melosira moniliformis</i>	0,53	7,6	6,4	22,9	<i>Balanus crenatus</i>	1400	5,8	1760	12,8
	<i>Nitzschia</i> sp.	0,76	10,8	—	—					
13.11	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	—	—	4,05	14,4					
	<i>Skeletonema costatum</i>	44,8	94,3	20,4	35,9	<i>Mytilus trossulus</i>	11200	74,7	12500	84,1
	<i>Melosira lineata</i>	—	—	21,9	38,7	<i>Balanus crenatus</i>	1900	12,7	1820	12,3
13.11	<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	—	—	3,1	5,5					
	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	—	—	3,6	6,4					
	<i>Ditylum brightwellii</i>	—	—	2,6	4,6					

Нагрузки факторов, полученных методом главных компонент и вращением кватримакс, при анализе плотностей диаомовых водорослей эпифитов на экспериментальных пластинах, экспонировавшихся в бух. Золотой Рог в летне-осенний период 2001 г.

Вид	Фактор (дата максимума фактора)										
	1 (01.06)	2 (15.06)	3 (02.07)	4 (16.07)	5 (15.08)	6 (31.08)	7 (15.09)	8 (02.10)	9 (16.10)	10 (29.10)	11 (13.11)
<i>Chaetoceros decipiens</i>	-0,986	0,045	0,036	0,046	0,039	0,045	0,055	0,079	0,020	0,082	0,053
<i>Cocconeis costata</i>	-0,986	0,045	0,036	0,046	0,039	0,045	0,055	0,079	0,020	0,082	0,053
<i>Navicula retusa</i> var. <i>cancellata</i>	-0,986	0,045	0,036	0,046	0,039	0,045	0,055	0,079	0,020	0,082	0,053
<i>Navicula</i> sp.	-0,986	0,045	0,036	0,046	0,039	0,045	0,055	0,079	0,020	0,082	0,053
<i>Pleurosigma elongatum</i>	-0,986	0,045	0,036	0,046	0,039	0,045	0,055	0,079	0,020	0,082	0,053
<i>Fragilaria striatula</i>	0,053	-0,970	0,041	0,065	0,058	0,112	0,079	0,101	0,008	0,117	0,060
<i>Licmophora abbreviata</i>	0,096	-0,967	0,063	0,081	0,071	0,128	0,089	0,087	0,029	0,039	0,079
<i>Tabularia fasciculata</i>	0,194	-0,771	0,256	0,185	0,179	-0,193	0,206	0,187	0,222	0,220	0,155
<i>Amphora angusta</i>	0,195	0,226	-0,852	-0,168	0,194	0,178	0,198	0,179	-0,004	0,013	0,131
<i>Eucampia zodiacus</i>	0,118	0,134	-0,800	0,184	0,103	0,136	0,130	-0,443	0,164	0,119	0,104
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	0,073	0,070	-0,007	-0,980	0,082	0,044	0,071	0,043	0,032	0,072	0,082
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0,073	0,070	-0,007	-0,980	0,082	0,044	0,071	0,043	0,032	0,072	0,082
<i>Ditylum brightwellii</i>	0,090	0,086	0,004	-0,978	-0,029	0,059	0,089	-0,009	0,042	0,053	0,106
<i>Gyrosigma tenuissimum</i>	0,116	0,119	0,102	0,082	-0,954	0,096	0,118	-0,063	0,071	0,115	0,007
<i>Cocconeis scutellum</i>	0,104	0,109	0,092	0,066	-0,947	0,080	0,106	0,136	0,064	0,116	0,121
<i>Amphora proteus</i>	0,010	0,024	0,038	0,081	0,066	-0,985	0,064	0,060	0,021	0,069	0,059
<i>Asterionella formosa</i>	0,072	0,021	0,035	0,077	0,063	-0,984	0,060	0,055	0,019	0,063	0,055
<i>Skeletonema costatum</i>	0,153	0,099	0,126	-0,064	0,009	-0,872	0,152	0,121	0,111	-0,343	0,135
<i>Diploneis smithii</i>	0,065	0,058	0,045	0,053	0,045	0,061	-0,982	0,068	0,053	0,072	0,074
<i>Diploneis subsincta</i>	0,065	0,058	0,045	0,053	0,045	0,061	-0,982	0,068	0,053	0,072	0,074
<i>Nitzschia vermicularis</i>	0,065	0,058	0,045	0,053	0,045	0,061	-0,982	0,068	0,053	0,072	0,074
<i>Donkinia recta</i>	0,085	0,083	0,060	0,073	0,068	0,081	-0,968	0,082	-0,072	0,093	0,091

Вид	Фактор (дата максимума фактора)										
	1 (01.06)	2 (15.06)	3 (02.07)	4 (16.07)	5 (15.08)	6 (31.08)	7 (15.09)	8 (02.10)	9 (16.10)	10 (29.10)	11 (13.11)
<i>Psammodycion panduriforme</i>	0,026	0,013	0,016	0,062	-0,019	0,051	0,039	-0,994	0,029	-0,002	0,040
<i>Nitzschia hybrida f. hyalina</i>	0,024	0,012	0,015	0,062	-0,019	0,050	0,038	-0,993	0,028	-0,001	0,062
<i>Odonella aurita</i>	0,028	0,023	0,026	0,071	-0,014	-0,003	0,049	-0,989	0,032	0,002	-0,104
<i>Nitzschia</i> sp.	0,059	0,051	-0,013	0,082	0,019	0,022	0,066	-0,983	-0,097	0,024	0,072
<i>Parlibellus delognei</i>	0,056	-0,003	0,028	-0,052	0,008	0,018	-0,161	-0,977	0,046	0,032	0,095
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	0,061	0,051	-0,069	-0,203	0,022	0,078	0,074	-0,961	0,026	0,036	0,096
<i>Coscinodiscus oculus iridis</i>	0,065	0,053	-0,137	-0,104	0,023	0,088	0,081	-0,959	0,065	-0,111	0,109
<i>Grammatophora marina</i>	0,082	0,066	0,070	0,125	0,041	-0,090	0,098	-0,941	-0,073	-0,242	-0,006
<i>Undatella lineolata</i>	0,138	0,182	0,109	0,140	0,164	0,143	0,119	0,098	-0,900	0,142	0,121
<i>Amphora hyalina</i>	0,040	0,017	0,015	0,057	0,024	0,062	0,054	-0,040	0,010	-0,985	0,124
<i>Rhoicosphenia marina</i>	0,035	0,015	0,012	0,047	0,026	0,054	0,048	0,108	0,010	-0,983	0,114
<i>Pleurosigma intermedium</i>	0,062	0,040	0,028	-0,024	0,034	0,083	0,073	-0,095	0,002	-0,982	-0,080
<i>Licmophora flabellata</i>	0,069	0,036	0,034	0,086	0,039	-0,063	-0,096	-0,118	0,030	-0,976	0,047
<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	0,076	0,035	0,032	-0,013	0,011	-0,179	0,087	-0,095	0,020	-0,965	0,106
<i>Achnanthes brevipes</i>	0,110	0,088	-0,105	0,005	0,071	-0,101	0,119	-0,075	0,032	-0,901	-0,348
<i>Melosira lineata</i>	0,060	0,044	0,039	0,055	0,024	0,075	0,061	0,117	0,011	-0,873	-0,452
<i>Entomoneis alata</i>	0,051	0,054	0,049	0,022	0,000	0,049	0,033	0,038	0,010	-0,010	-0,993
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0,051	0,054	0,049	0,022	0,000	0,049	0,033	0,038	0,010	-0,010	-0,993
<i>Surirella fastuosa</i>	0,051	0,054	0,049	0,022	0,000	0,049	0,033	0,038	0,010	-0,010	-0,993
<i>Nitzschia longissima</i>	0,071	0,065	0,061	0,044	0,019	-0,147	0,050	0,053	-0,020	0,008	-0,978
<i>Melosira moniliformis</i>	-0,079	-0,145	0,085	0,054	0,034	0,091	0,070	0,080	0,033	0,037	-0,969
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,102	0,107	-0,260	0,096	0,052	0,107	0,070	0,110	0,071	-0,270	-0,890
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,099	0,064	0,068	0,083	0,057	-0,714	0,076	0,074	-0,023	0,048	-0,669
Объясняемая дисперсия	5,168	2,731	1,639	3,186	1,984	3,539	4,167	8,090	0,963	6,831	6,701
Доля объясняемой дисперсии	0,115	0,061	0,036	0,071	0,044	0,079	0,093	0,180	0,021	0,152	0,149

Примечание. Здесь и в табл. 10 жирным шрифтом выделены нагрузки >0,7 (49 % и более дисперсии переменной объясняется действием данного фактора), жирным курсивом – нагрузки >0,5 (>25 %).

Нагрузки факторов, полученных методом главных компонент и вращением кватримакс, при анализе плотностей диатомовых водорослей эпифитов на экспериментальных пластинах, экспонировавшихся в бух. Сухопутная в летне-осенний период 2001 г.

Вид	Фактор (дата максимума фактора)										
	1 (01.06)	2 (15.06)	3 (02.07)	4 (16.07)	5 (15.08)	6 (31.08)	7 (15.09)	8 (02.10)	9 (16.10)	10 (29.10)	11 (13.11)
<i>Navicula amorphila</i> var. <i>intermedia</i>	-0,953	0,218	0,048	0,067	0,076	0,072	0,111	0,064	0,044	0,074	0,049
<i>Tabularia fasciculata</i>	-0,925	0,225	0,096	0,057	0,090	0,110	0,143	0,104	0,093	0,115	0,091
<i>Pleurosigma elongatum</i>	-0,897	-0,226	-0,077	0,091	0,149	0,136	0,165	0,130	0,101	0,153	0,111
<i>Fragilaria striatula</i>	-0,873	-0,362	0,034	0,076	0,126	0,119	0,153	0,107	0,075	0,139	0,098
<i>Licmophora abbreviata</i>	-0,829	-0,449	0,029	0,137	0,167	0,154	0,118	0,146	0,042	0,042	-0,036
<i>Parlibellus delognei</i>	-0,053	-0,967	0,017	0,065	0,115	0,075	0,064	0,082	0,075	-0,134	0,073
<i>Cocconeis scutellum</i> var. <i>adjunta</i>	-0,074	-0,966	0,015	0,058	0,094	0,087	0,092	0,082	0,054	0,120	0,091
<i>Parlibellus rhombica</i>	-0,074	-0,966	0,015	0,058	0,094	0,087	0,092	0,082	0,054	0,120	0,091
<i>Nitzschia angularis</i>	0,190	0,182	-0,835	0,157	0,205	0,152	0,108	0,198	0,217	0,158	0,144
<i>Trachymeis aspera</i>	-0,004	0,307	0,620	0,249	0,256	0,207	0,210	0,252	0,331	0,236	0,280
<i>Pleurosigma clevei</i>	0,071	0,065	0,028	-0,980	0,041	0,128	0,051	0,018	0,048	0,076	0,011
<i>Tabularia</i> sp.	0,071	0,065	0,028	-0,980	0,041	0,128	0,051	0,018	0,048	0,076	0,011
<i>Cocconeis costata</i>	0,117	-0,005	-0,072	-0,869	-0,093	-0,372	0,136	0,090	0,114	0,180	0,086
<i>Rhizosolenia setigera</i>	0,062	0,039	-0,011	0,081	-0,978	0,068	0,061	0,085	0,044	0,062	0,104
<i>Ditylum brightwellii</i>	0,066	0,043	-0,007	0,086	-0,977	-0,006	-0,043	0,097	0,049	0,074	0,108
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	0,110	0,071	-0,005	0,125	-0,892	-0,233	-0,054	-0,276	0,050	0,114	0,147
<i>Gyrosigma tenuissimum</i>	0,164	0,119	0,061	-0,534	-0,789	-0,028	-0,005	0,135	0,006	0,162	-0,049
<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	0,211	0,133	0,099	-0,561	-0,705	-0,154	0,193	0,014	0,074	0,100	-0,197
<i>Navicula directa</i>	0,064	0,040	0,010	-0,003	0,056	-0,988	0,048	0,034	-0,027	0,106	0,009
<i>Actinopychus</i> sp.	0,053	0,032	0,004	-0,014	0,046	-0,987	0,081	0,025	0,030	0,099	0,031
<i>Pleurosigma intermedium</i>	0,064	0,040	0,005	0,005	0,056	-0,979	0,036	-0,127	0,044	0,107	0,045

Вид	Фактор (дата максимума фактора)										
	1 (01.06)	2 (15.06)	3 (02.07)	4 (16.07)	5 (15.08)	6 (31.08)	7 (15.09)	8 (02.10)	9 (16.10)	10 (29.10)	11 (13.11)
<i>Surirella fastuosa</i>	0,074	0,046	0,000	0,018	-0,344	-0,916	0,101	0,058	0,048	0,119	0,071
<i>Ardissonea crystallina</i>	0,081	0,050	-0,003	0,034	-0,526	-0,819	0,105	0,071	0,054	0,122	0,087
<i>Licmophora flabellata</i>	0,102	0,032	0,015	0,077	0,110	-0,757	-0,491	0,102	0,032	-0,368	-0,099
<i>Melosira moniliformis</i>	0,098	0,073	0,002	-0,711	0,011	-0,657	-0,113	0,067	0,070	0,155	0,050
<i>Diploneis smithii</i>	0,018	0,035	0,016	0,065	0,061	0,038	-0,993	0,003	0,011	0,047	-0,027
<i>Eucampia zodiacus</i>	0,005	0,022	0,038	0,052	0,048	0,019	-0,992	0,083	-0,006	0,035	0,012
<i>Psammodyctyon panduriforme</i>	0,014	0,024	0,040	0,062	0,057	0,025	-0,992	0,050	-0,001	-0,059	0,017
<i>Rhoicosphenia marina</i>	0,037	0,042	0,042	-0,025	0,039	-0,074	-0,987	-0,089	-0,003	0,066	0,039
<i>Entomoneis alata</i>	0,040	0,044	0,050	0,094	0,059	0,054	-0,978	-0,125	-0,046	0,054	-0,025
<i>Nitzschia vermicularis</i>	0,036	0,034	0,044	0,089	0,074	0,045	-0,970	-0,101	0,014	-0,169	0,001
<i>Nitzschia sigmaidea</i>	0,055	0,066	-0,131	0,100	-0,106	0,063	-0,958	0,140	0,046	0,079	0,061
<i>Lyrella</i> sp.	0,070	0,079	-0,126	-0,097	-0,099	0,089	-0,953	0,144	0,056	0,095	0,064
<i>Cocconeis scutellum</i>	0,062	0,067	-0,076	0,055	0,101	-0,072	-0,952	-0,214	0,061	0,088	0,064
<i>Trigonium arcticum f. baleanum</i>	0,011	-0,352	0,047	-0,161	-0,200	0,108	-0,867	0,143	0,043	0,122	0,083
<i>Coscinodiscus oculus iridis</i>	0,059	-0,062	0,069	-0,430	0,067	0,124	-0,829	0,112	0,039	0,105	-0,267
<i>Undatella lineolata</i>	0,049	0,043	0,038	0,053	0,082	-0,567	-0,812	-0,014	0,031	-0,020	0,046
<i>Amphora proteus</i>	0,133	0,102	0,004	0,116	-0,425	-0,023	-0,782	-0,339	0,108	0,137	-0,141
<i>Nitzschia sigma</i>	0,059	0,049	0,021	0,119	0,068	0,080	-0,648	-0,732	0,067	0,052	0,073
<i>Grammatophora marina</i>	0,203	0,042	-0,039	-0,256	0,228	0,129	-0,567	-0,471	0,004	-0,223	-0,478
<i>Diploneis interrupta</i>	0,070	0,042	-0,006	0,105	0,045	0,084	0,022	-0,978	0,088	0,035	0,080
<i>Navicula perhombus</i>	0,070	0,042	-0,006	0,105	0,045	0,084	0,022	-0,978	0,088	0,035	0,080
<i>Nitzschia</i> sp.	0,155	0,104	0,020	-0,055	-0,064	-0,154	-0,018	-0,948	-0,122	0,087	0,115
<i>Amphora angusta</i>	0,290	0,190	0,171	-0,155	0,097	0,143	-0,281	-0,668	0,036	-0,019	-0,519

Вид	Фактор (дата максимума фактора)										
	1 (01.06)	2 (15.06)	3 (02.07)	4 (16.07)	5 (15.08)	6 (31.08)	7 (15.09)	8 (02.10)	9 (16.10)	10 (29.10)	11 (13.11)
<i>Hemiaulus hauckii</i>	0,124	0,090	0,027	0,092	0,101	0,096	0,121	0,056	-0,956	0,058	0,115
<i>Chaetoceros didymus</i>	0,124	0,090	0,027	0,092	0,101	0,096	0,121	0,056	-0,956	0,058	0,115
<i>Amphora hyalina</i>	0,212	0,076	0,051	0,182	-0,557	-0,116	0,236	0,167	-0,563	-0,216	-0,377
<i>Skeletonema costatum</i>	0,064	0,011	0,020	0,047	0,066	0,023	0,086	0,090	-0,021	-0,985	0,053
<i>Achnanthes brevipes</i>	0,108	0,046	0,030	0,035	-0,008	0,058	0,114	0,129	0,005	-0,967	0,124
<i>Donkinia recta</i>	0,103	0,039	0,029	0,075	0,103	-0,070	0,067	0,056	-0,221	-0,951	0,067
<i>Navicula distans</i>	0,071	0,029	-0,044	-0,005	0,097	0,040	-0,272	0,129	0,094	-0,935	0,085
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	0,118	0,040	0,035	0,117	0,097	0,078	0,125	-0,207	-0,040	-0,924	-0,199
<i>Nitzschia hybrida f. hyalina</i>	0,107	0,054	-0,092	0,056	-0,044	0,084	0,104	-0,305	0,149	-0,906	0,136
<i>Odontella aurita</i>	-0,366	0,060	0,029	0,090	0,119	0,073	-0,051	0,078	0,111	-0,901	-0,012
<i>Cylindrotheca closterium</i>	0,062	-0,492	-0,004	0,120	-0,065	0,036	0,170	0,169	0,065	-0,819	-0,028
<i>Nitzschia longissima</i>	0,138	0,060	0,034	-0,174	-0,618	0,127	0,148	0,108	0,086	-0,702	-0,121
<i>Cocconeis</i> sp.	0,167	0,089	0,033	0,159	0,137	0,129	0,154	-0,458	-0,525	-0,626	0,047
<i>Striatella unipunctata</i>	0,120	0,065	0,029	-0,409	0,072	-0,690	0,147	0,091	-0,008	-0,542	0,091
<i>Navicula</i> sp.	0,095	0,055	-0,013	0,131	0,046	0,089	0,110	0,067	0,055	0,066	-0,968
<i>Bacillaria paxillifer</i>	0,117	0,057	0,064	-0,199	-0,005	0,126	0,115	0,057	0,052	0,077	-0,948
<i>Rhabdonema arcuatum</i>	0,125	0,081	-0,101	0,165	0,092	0,116	-0,431	0,130	0,073	0,096	-0,838
<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>subglobosa</i>	-0,484	0,175	0,073	0,119	0,092	-0,425	0,184	0,089	0,069	0,136	-0,679
Объясняемая дисперсия	5,032	4,027	1,254	4,782	5,640	7,087	13,174	5,155	2,845	8,801	4,202
Доля объясняемой дисперсии	0,081	0,065	0,020	0,077	0,091	0,114	0,212	0,083	0,046	0,142	0,068

Таблица 10

Матрица коэффициентов корреляции первичных кластеров переменных (плотность поселения микроводорослей перифитона) для экспериментальных пластин в бухтах Сухопутная (над диагональю) и Золотой Рог (под диагональю)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1,000	-0,099	0,002	-0,015	0,264	-0,004	0,046	-0,211	-0,108	-0,147	0,077
2	0,066	1,000	-0,005	-0,105	-0,022	-0,195	-0,130	-0,151	-0,021	0,002	0,044
3	-0,099	0,122	1,000	0,180	-0,082	0,260	-0,017	-0,225	-0,141	-0,115	0,035
4	-0,124	-0,146	-0,084	1,000	-0,033	0,225	-0,074	-0,262	-0,197	-0,127	0,012
5	-0,098	-0,124	-0,114	-0,094	1,000	-0,068	-0,041	-0,267	-0,187	-0,074	0,009
6	-0,091	0,090	-0,096	-0,104	-0,133	1,000	-0,069	-0,176	-0,115	-0,144	0,058
7	-0,017	-0,090	-0,122	-0,098	-0,102	-0,053	1,000	0,000	-0,158	-0,155	0,049
8	-0,148	-0,154	-0,108	-0,110	-0,130	-0,008	-0,134	1,000	0,250	-0,127	-0,184
9	-0,029	-0,132	-0,062	-0,107	-0,111	-0,094	-0,069	-0,127	1,000	-0,104	0,024
10	-0,080	-0,136	-0,106	-0,091	-0,056	-0,127	-0,098	-0,127	-0,107	1,000	0,018
11	0,181	-0,049	-0,110	-0,164	-0,166	-0,180	0,067	-0,218	-0,147	-0,032	1,000

Пр и м е ч а н и е. Жирным шрифтом выделены максимальные коэффициенты корреляции.

Таблица 11

Список веслоногих ракообразных в бухтах Золотой Рог и Сухопутная и их качественные характеристики

Таксон	Биогеографическая характеристика	Соленость	Биотоп	Бух. Сухопутная	Бух. Золотой Рог
Класс MAXILLOPODA Dahl, 1956					
Подкласс Copepoda Milne-Edwards, 1840					
Надотряд Gymnoplea Giesbrecht, 1882					
Отряд Calanoida Sars, 1903					
Сем. Calanidae, Dana, 1846					
<i>Calanus glacialis</i> Jaschnov, 1955	Арктический	Морской	Интерзональный, панталассный	+	+
<i>Neocalanus plumchrus</i> Marukawa, 1921	Тихоокеанский приазиатский широкобореальный	Морской	Интерзональный, океанический	+	+
Сем. Paracalanidae Giesbrecht, 1893					
<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)	Циркумтропический низкобореальный	Морской	Эпипелагический, панталассный	+	+
Сем. Pseudocalanidae Boeck, 1872					
<i>Pseudocalanus minutus</i> (Kroyer, 1845)	Широкобореально-арктический	Морской	Эпипелагический, панталассный	+	+
<i>P. newmani</i> Frost, 1989	Широкобореально-арктический	Морской	Эпипелагический, панталассный	+	+

Таксон	Биогеографическая характеристика	Соленость	Биотоп	Бух. Сухопутная	Бух. Золотой Рог
Сем. Temoridae Giesbrecht, 1893					
<i>Eurytemora pacifica</i> Sato, 1913	Тихоокеанский приазиатский бореально–арктический	Эвригалинный	Неритический	–	+
Сем. Centropagidae Giesbrecht, 1893					
<i>Centropages abdominalis</i> Sato, 1913	Тихоокеанский приазиатский субтропическо–широкобореальный	Морской	Неритический	+	+
<i>C. tenuiremis</i> Thompson et Scott, 1903	Циркумтропический	Морской	Неритический	+	+
Сем. Metridinidae Sars, 1902					
<i>Metridia pacifica</i> Brodsky, 1950	Амфипацифический широкобореальный	Морской	Интерзональный, океанический	+	+
Сем. Pseudodiaptomidae Sars, 1902					
<i>Pseudodiaptomus marinus</i> Sato, 1913	Тихоокеанский приазиатский субтропическо–низкобореальный	Эвригалинный	Неритический	+	+
Сем. Acartiidae Sars, 1900					
<i>Acartia longiremis</i> Lilljeborg, 1853	Широкобореально–арктический	Морской	Неритический	+	+
<i>A. hudsonica</i> Pinhey, 1926	Бореально–арктический	Морской	Неритический	+	+
<i>A. omorii</i> Bradford, 1976	Циркумтропический низкобореально–нотальный	Морской	Неритический	+	+
<i>A. tumida</i> Willey, 1920	Амфипацифический широкобореальный	Эвригалинный	Неритический	+	+
<i>A. pacifica</i> Steuer, 1915	Индо–тихоокеанский приазиатский тропическо–субтропический	Эвригалинный	Неритический	+	+
Сем. Tortanidae Sars, 1902					
<i>Tortanus discaudatus</i> (Thompson et Scott, 1897)	Аркто–бореальный	Морской	Неритический	+	+
Отр. Cyclopoida					
<i>Oithona similis</i> Claus, 1866	Циркумтропический низкобореально–нотальный	Морской	Неритический	+	+
<i>O. atlantica</i> Farran, 1908	Широкобореально–тропический	Морской	Эпипелагический, панталассный	+	+
<i>O. nana</i> Giesbrecht, 1892	Циркумтропический	Морской	Эпипелагический, океанический	+	+
<i>O. brevicornis</i> Giesbrecht, 1891	Циркумтропический низкобореальный	Морской	Неритический	+	+
<i>Triconia borealis</i> (Sars, 1918)	Широкобореально–арктический	Морской	Эпипелагический, океанический	–	+

Количественные характеристики веслоногих ракообразных на исследованной акватории

Таксон	Все данные				Бух. Сухопутная				Бух. Золотой Рог			
	F	A	SE	Доля, %	F	A	SE	Доля, %	F	A	SE	Доля, %
<i>Acartia hudsonica</i>	84,6	2165,4	803,8	15,3	84,6	3314,3	1547,3	20,3	84,6	1016,5	279,5	12,0
<i>Acartia longiremis</i>	23,1	12,1	5,6	0,1	15,4	15,4	10,4	0,1	30,8	8,8	4,7	0,1
<i>Acartia omorii</i>	23,1	342,9	209,8	2,4	15,4	279,2	276,7	1,7	30,8	406,6	325,9	4,8
<i>Acartia pacifica</i>	11,5	232,9	230,7	1,6	15,4	464,6	461,3	2,8	7,7	1,1	1,1	0,0
<i>Acartia tumida</i>	38,5	1068,8	741,0	7,6	38,5	1237,5	1230,2	7,6	38,5	900,0	877,5	10,7
<i>Calanus glacialis</i>	50,0	29,4	23,0	0,2	61,5	52,9	45,7	0,3	38,5	5,8	4,9	0,1
<i>Centropages abdominalis</i>	30,8	2,5	0,9	0,0	30,8	1,8	0,9	0,0	30,8	3,1	1,5	0,0
<i>Centropages tenuiremis</i>	26,9	127,2	91,0	0,9	23,1	231,2	180,5	1,4	30,8	23,1	11,7	0,3
<i>Eurytemora pacifica</i>	11,5	3,8	2,3	0,0	0,0				23,1	7,7	4,4	0,1
<i>Metridia pacifica</i>	23,1	1,2	0,5	0,0	15,4	0,8	0,5	0,0	30,8	1,6	0,8	0,0
<i>Neocalanus plumchrus</i>	19,2	3,4	2,3	0,0	23,1	5,2	4,6	0,0	15,4	1,5	1,1	0,0
<i>Oithona atlantica</i>	30,8	8,3	3,3	0,1	7,7	3,1	3,1	0,0	53,8	13,5	5,6	0,2
<i>Oithona brevicornis</i>	50,0	2153,2	759,7	15,2	46,2	1872,3	1051,6	11,5	53,8	2434,1	1133,9	28,8
<i>Oithona nana</i>	23,1	21,8	12,1	0,2	15,4	6,2	4,7	0,0	30,8	37,4	23,4	0,4
<i>Oithona similis</i>	100,0	1922,3	800,0	13,6	100,0	2850,0	1498,7	17,4	100,0	994,5	526,0	11,8
<i>Paracalanus parvus</i>	53,8	2724,3	970,1	19,3	46,2	3621,5	1729,3	22,2	61,5	1827,0	892,4	21,7
<i>Pseudocalanus minutus</i>	30,8	31,5	26,8	0,2	15,4	56,2	53,7	0,3	46,2	6,8	2,4	0,1
<i>Pseudocalanus newmani</i>	80,8	1440,9	618,5	10,2	84,6	2170,8	1206,3	13,3	76,9	711,0	223,1	8,4
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	7,7	1,4	1,2	0,0	7,7	2,3	2,3	0,0	7,7	0,5	0,5	0,0
<i>Tortanus discaudatus</i>	19,2	1,0	0,5	0,0	7,7	0,2	0,2	0,0	30,8	1,9	1,0	0,0
<i>Triconia borealis</i>	3,8	0,3	0,3	0,0	0,0				7,7	0,5	0,5	0,0
Науплии Copepoda	42,3	92,4	45,3	0,7	38,5	150,8	88,4	0,9	46,2	34,1	12,8	0,4

Пр и м е ч а н и е. F – встречаемость (%), A и SE – соответственно средняя плотность и ее ошибка репрезентативности (экз./м³).

Состав и структура комплексов веслоногих ракообразных в бух. Сухопутная в 2001–2002 гг.

Таксон	Комплексе												17.05.02
	Весенне-летний ($S=18, H=1,398, e=0,484$)				Летне-осенний ($S=11, H=1,384, e=0,577$)				Зимний ($S=8, H=1,078, e=0,518$)				
	F	A	SE	F	A	SE	F	A	SE	F	A	SE	
<i>Acartia hudsonica</i>	100,0	8480,0	2798,3	50,0	85,0	72,3	100,0	48,7	22,1	100,0	48,7	22,1	200,0
<i>Acartia longiremis</i>	40,0	40,0	24,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Acartia omorii</i>	20,0	6,0	6,0	25,0	900,0	900,0	–	–	–	–	–	–	–
<i>Acartia pacifica</i>	20,0	8,0	8,0	25,0	1500,0	1500,0	–	–	–	–	–	–	–
<i>Acartia tumida</i>	80,0	3215,6	3196,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10,0
<i>Calanus glacialis</i>	60,0	122,4	119,4	50,0	9,0	5,3	100,0	13,3	8,5	100,0	13,3	8,5	4,0
<i>Centropages abdominalis</i>	40,0	3,2	2,1	–	–	–	33,3	1,3	1,3	–	–	–	–
<i>Centropages tenuiremis</i>	20,0	1,2	1,2	50,0	750,0	542,4	–	–	–	–	–	–	–
<i>Metridia pacifica</i>	40,0	2,0	1,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Neocalanus plumchnrus</i>	40,0	12,8	11,8	–	–	–	33,3	1,3	1,3	–	–	–	–
<i>Oithona atlantica</i>	20,0	8,0	8,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Oithona brevicornis</i>	40,0	68,0	58,5	100,0	6000,0	2483,3	–	–	–	–	–	–	–
<i>Oithona nana</i>	20,0	4,0	4,0	25,0	15,0	15,0	–	–	–	–	–	–	–
<i>Oithona similis</i>	100,0	2680,0	945,2	100,0	625,0	62,9	100,0	383,3	169,1	100,0	383,3	169,1	20000,0
<i>Paracalanus parvus</i>	20,0	12,0	12,0	100,0	11750,0	2657,5	33,3	6,7	6,7	33,3	6,7	6,7	–
<i>Pseudocalanus minutus</i>	20,0	140,0	140,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Pseudocalanus newmani</i>	100,0	4640,0	2865,9	50,0	1025,0	991,9	100,0	286,7	127,2	100,0	286,7	127,2	60,0
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	–	–	–	25,0	7,5	7,5	–	–	–	–	–	–	–
<i>Tortanus discaudatus</i>	20,0	0,4	0,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
популяцiи Copepoda	100,0	392,0	193,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Общая плотность		19443,6	4284,4										
Среднее число видов		8,0	0,3										
Индекс Шеннона–Винера		0,865	0,064										
Индекс Пилу		0,423	0,037										

Примечание. Здесь и в табл. 14 S, H, e – соответственно общие число видов, индексы Шеннона–Винера и Пилу; жирным шрифтом выделены количественные характеристики доминирующих видов, жирным курсивом – субдоминантов.

Состав и структура комплексов веслоногих ракообразных в бухте Золотой Рог в 2001-2002 гг.

Таксон	Комплекс												15.06.01
	Весенний (S=11, H=1,319, e=0,550)				Летне-осенний (S=12, H=1,102, e=0,444)				Зимний (S=13, H=1,587, e=0,619)				
	F	A	SE	F	A	SE	F	A	SE	F	A	SE	
<i>Acartia hudsonica</i>	100,0	1714,3	662,4	50,0	125,0	73,6	100,0	928,6	189,0	100,0	928,6	189,0	2142,9
<i>Acartia longiremis</i>	50,0	21,4	13,7	—	—	—	50,0	7,1	4,1	—	—	—	—
<i>Acartia omorii</i>	—	—	—	75,0	1250,0	1015,8	—	—	—	—	—	—	285,7
<i>Acartia pacifica</i>	—	—	—	25,0	3,6	3,6	—	—	—	—	—	—	—
<i>Acartia tumida</i>	100,0	2921,4	2835,8	—	—	—	25,0	3,6	3,6	—	—	—	—
<i>Calanus glacialis</i>	100,0	18,2	15,4	—	—	—	25,0	0,7	0,7	—	—	—	—
<i>Centropages abdominalis</i>	25,0	3,6	3,6	—	—	—	75,0	6,4	3,0	—	—	—	—
<i>Centropages tenuiremis</i>	—	—	—	75,0	71,4	25,4	—	—	—	—	—	—	14,3
<i>Eurytemora pacifica</i>	—	—	—	75,0	25,0	10,3	—	—	—	—	—	—	—
<i>Metridia pacifica</i>	25,0	1,8	1,8	—	—	—	50,0	1,8	1,1	—	—	—	7,1
<i>Neocalanus plumchrus</i>	50,0	5,0	3,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Oithona atlantica</i>	50,0	21,4	17,0	—	—	—	100,0	15,4	4,1	—	—	—	28,6
<i>Oithona brevicornis</i>	—	—	—	100,0	7142,9	2332,8	75,0	767,9	697,4	—	—	—	—
<i>Oithona nana</i>	—	—	—	100,0	121,4	61,0	—	—	—	—	—	—	—
<i>Oithona similis</i>	100,0	732,1	264,7	100,0	142,9	50,5	100,0	571,4	224,0	—	—	—	7142,9
<i>Paracalanus parvus</i>	—	—	—	100,0	5714,3	1749,6	75,0	152,1	97,7	—	—	—	285,7
<i>Pseudocalanus minutus</i>	50,0	8,9	5,4	—	—	—	75,0	12,5	4,5	—	—	—	2,9
<i>Pseudocalanus newmani</i>	100,0	964,3	405,6	25,0	17,9	17,9	100,0	792,9	357,1	—	—	—	2142,9
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	—	—	—	25,0	1,8	1,8	—	—	—	—	—	—	—
<i>Tortanus discaudatus</i>	—	—	—	—	—	—	100,0	6,1	1,9	—	—	—	—
<i>Triconia borealis</i>	—	—	—	25,0	1,8	1,8	—	—	—	—	—	—	—
наупли Соперода	50,0	17,9	10,7	—	—	—	75,0	57,1	19,3	—	—	—	142,9
Общая плотность		6430,4	2371,5		14617,9	4089,0		3323,6	758,1				12195,7
Среднее число видов		7,5	0,5		7,8	0,1		9,5	0,5				
Индекс Шеннона–Винера		0,975	0,101		1,004	0,053		1,226	0,015				
Индекс Пеллеу		0,487	0,048		0,489	0,023		0,552	0,019				

Список видов, обнаруженных в обрастании в период исследования пластин с разным сроком экспозиции

Таксон	15-суточные		С нарастающим сроком	
	Бух. Сухопутная	Бух. Золотой Пор	Бух. Сухопутная	Бух. Золотой Пор
Phaeophyta				
<i>Ectocarpus confervoides</i>	+	-	+	+
Coelenterata				
<i>Obelia longissima</i>	+	+	+	+
<i>Bougainvillia ramosa</i>	-	-	+	-
Polychaeta				
<i>Chrysopetalum occidentale</i>	-	-	+	-
<i>Halosydna brevisetosa</i>	-	-	+	-
<i>Hydroides ezoensis</i>	-	+	+	+
<i>Neodexiospira alveolata</i>	+	-	+	-
<i>Nereis vexillosa</i>	-	-	-	+
<i>Nereis</i> sp.	-	+	+	-
<i>Platyeris bicanaliculata</i>	+	-	+	-
<i>Polydora limicola</i>	+	+	+	+
Polynoidae (larvae)	-	-	+	-
<i>Terebellidae</i> gen. sp.	-	-	+	-
<i>Typosyllis nipponica</i>	-	-	+	-
<i>T. pulchra occidentalis</i>	-	-	+	-
<i>Typosyllis</i> sp.	-	-	-	+
Cirripedia				
<i>Balanus crenatus</i>	+	+	+	+
<i>B. improvisus</i>	+	+	+	+
<i>B. amphitrite</i>	-	+	-	+
Decapoda				
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	-	+	+	+
<i>Pugettia quadridens</i>	-	-	+	-
<i>Palaemon macrodactylus</i>	-	-	+	-
Isopoda				
<i>Gnorimosphaeroma ovatum</i>	-	-	+	-
Amphipoda				
<i>Caprella cristibrachium</i>	+	-	-	-

Таксон	15-суточные		С нарастающим сроком	
	Бух. Сухопутная	Бух. Золотой Пор	Бух. Сухопутная	Бух. Золотой Пор
<i>Caprella</i> sp.	+	-	-	-
<i>Corophium acherusicum</i>	-	+	-	+
<i>Ishyrocerus</i> sp.	+	-	-	-
<i>Jassa marmorata</i>	+	+	+	-
<i>Parhyale zibettina</i>	-	-	+	-
<i>Pontogeneia rostrata</i>	+	-	+	-
<i>Pontogeneia</i> sp.	+	-	-	-
Pantopoda				
<i>Lecythorhyncus hilgendorfi</i>	-	-	-	+
Gastropoda				
<i>Nudibranchia</i> gen. sp.	-	-	+	-
<i>Epheria turrita</i>	+	-	+	-
<i>Littorina mandschurica</i>	+	-	+	-
<i>Mitrella burchardi</i>	-	-	+	-
<i>Pussilina plicosa</i>	-	-	+	-
Bivalvia				
<i>Crassostrea gigas</i>	+	-	-	-
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	-	-	+	-
<i>Mya</i> sp.	-	-	+	-
<i>Mytilus trossulus</i>	+	+	+	+
Bryozoa				
<i>Bugula pacifica</i>	+	+	+	+
<i>Bugula</i> sp.	-	-	+	-
<i>Conopeum seurati</i>	-	+	+	-
Echinodermata				
<i>Amphiodia fissa</i>	-	-	+	-
Tunicata				
<i>Aplidium tenuicaudum</i>	-	-	+	-
<i>Diplosoma mitsukurii</i>	-	+	-	-
<i>Molgula manhattensis</i>	-	+	-	+
<i>Styela clava</i>	-	-	+	-

Матрица коэффициентов корреляции между динамикой личинок (Л) и оседанием моледи (Пл) фонообразующих видов на 15-суточные пластины в водозаборном ковше (СТ. 1) и у 44-го причала (СТ. 2)

Вид и его характеристики	1. <i>Balanus crenatus</i> Л, СТ. 2	2. <i>Balanus crenatus</i> Пл, СТ. 2	3. <i>Balanus improvisus</i> Л, СТ. 2	4. <i>Balanus improvisus</i> Пл, СТ. 2	5. <i>Balanus amphitrite</i> Л, СТ. 2	6. <i>Balanus amphitrite</i> Пл, СТ. 2	7. <i>Polydora limicola</i> Л, СТ. 2	8. <i>Polydora limicola</i> Пл, СТ. 2	9. <i>Mytilus trossulus</i> Л, СТ. 2	10. <i>Mytilus trossulus</i> Пл, СТ. 2	11. <i>Molgula manhattensis</i> Л, СТ. 2	12. <i>Molgula manhattensis</i> Пл, СТ. 2	13. <i>Amphibalanus improvisus</i> Л, СТ. 1	14. <i>Amphibalanus improvisus</i> Пл, СТ. 1	15. <i>Balanus crenatus</i> Л, СТ. 1	16. <i>Balanus crenatus</i> Пл, СТ. 1	17. <i>Mytilus trossulus</i> Л, СТ. 1	18. <i>Mytilus trossulus</i> Пл, СТ. 1	19. <i>Crassostrea gigas</i> Л, СТ. 1	20. <i>Crassostrea gigas</i> Пл, СТ. 1
1. <i>Balanus crenatus</i> Л, СТ. 2	1.00																			
2. <i>Balanus crenatus</i> Пл, СТ. 2	0.49	1.00																		
3. <i>Balanus improvisus</i> Л, СТ. 2	-0.25	-0.22	1.00																	
4. <i>Balanus improvisus</i> Пл, СТ. 2	-0.36	-0.34	0.18	1.00																
5. <i>Balanus amphitrite</i> Л, СТ. 2	-0.22	-0.19	0.83	-0.18	1.00															
6. <i>Balanus amphitrite</i> Пл, СТ. 2	-0.17	-0.14	0.34	-0.18	0.48	1.00														
7. <i>Polydora limicola</i> Л, СТ. 2	-0.10	0.14	0.04	0.43	-0.26	-0.29	1.00													
8. <i>Polydora limicola</i> Пл, СТ. 2	-0.24	0.18	0.03	-0.10	0.15	0.75	0.14	1.00												
9. <i>Mytilus trossulus</i> Л, СТ. 2	0.97	0.55	-0.16	-0.29	-0.16	-0.12	-0.03	-0.18	1.00											
10. <i>Mytilus trossulus</i> Пл, Ст. 4	0.62	0.97	-0.21	-0.31	-0.21	-0.16	0.15	0.12	0.70	1.00										
11. <i>Molgula manhattensis</i> Л, СТ. 2	-0.09	-0.20	-0.16	0.29	-0.16	-0.15	-0.34	-0.10	-0.16	-0.20	1.00									
12. <i>Molgula manhattensis</i> Пл, СТ. 2	-0.18	-0.24	0.04	0.02	0.22	0.66	-0.53	0.52	-0.20	-0.26	0.62	1.00								
13. <i>Balanus improvisus</i> Л, СТ. 1	-0.10	-0.11	0.09	0.43	-0.10	-0.04	0.35	0.01	-0.04	0.01	-0.01	-0.12	1.00							
14. <i>Balanus improvisus</i> Пл, СТ. 1	-0.29	-0.25	0.24	0.72	-0.11	-0.14	0.59	-0.02	-0.21	-0.16	-0.01	-0.21	0.88	1.00						
15. <i>Balanus crenatus</i> Л, СТ. 1	0.28	-0.20	-0.37	-0.31	-0.26	-0.20	-0.07	-0.31	0.09	-0.21	-0.23	-0.29	-0.18	-0.24	1.00					
16. <i>Balanus crenatus</i> Пл, СТ. 1	-0.13	0.76	-0.18	-0.23	-0.13	-0.10	0.20	0.33	-0.10	0.60	-0.13	-0.16	-0.13	-0.17	-0.15	1.00				
17. <i>Mytilus trossulus</i> Л, СТ. 1	0.91	0.58	-0.11	-0.23	-0.13	-0.10	-0.04	-0.14	0.97	0.74	-0.13	-0.16	0.00	-0.17	-0.11	-0.08	1.00			
18. <i>Mytilus trossulus</i> Пл, СТ. 1	0.16	0.44	-0.20	0.20	-0.28	-0.21	0.72	0.31	0.25	0.51	-0.23	-0.36	0.54	0.53	-0.24	0.30	0.30	1.00		
19. <i>Crassostrea gigas</i> Л, СТ. 1	-0.18	-0.09	-0.01	0.35	-0.15	-0.11	0.49	0.09	-0.13	0.00	-0.07	-0.21	0.96	0.86	-0.13	-0.03	-0.11	0.67	1.00	
20. <i>Crassostrea gigas</i> Пл, СТ. 1	-0.19	-0.16	0.47	0.62	-0.10	-0.09	0.43	-0.18	-0.13	-0.14	-0.04	-0.21	0.31	0.60	-0.20	-0.11	-0.11	-0.01	0.22	1.00

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения $r > 0.4$.

**Таксономический состав мейофауны на экспериментальных пластинах
в Уссурийском заливе и бух. Золотой Рог**

№	Таксон	Уссурийский залив		Бух. Золотой Рог	
		1	2	1	2
	Nematoda				
1	Nematoda gen. sp. juv.	+	+	+	+
2	Anticomma possjetica Platonova, Belogurov et Scheeno, 1979	-	+	-	-
3	Calyptonema stomodentata Belogurov, 1980	-	+	-	-
4	Chromadora heterostomata Kito, 1978	-	+	-	-
5	C. nudicapitata Bastian, 1865	+	+	-	-
6	Eurystomina alekseevi Pavlyuk, 1991	-	+	-	+
7	Halichoanolaimus bispirae Dashchenko et Belogurov, 1991	-	+	-	-
8	Leptosomatides marinae Platonova, 1976	-	+	-	-
9	Metaparancholaimus japonicus Belogurov, Belogurova et Pavlyuk, 1980	+	+	-	-
10	Monhystera sp.	-	-	-	+
11	Monoposthia costata (Bastian, 1865)	+	+	-	-
12	M. latiannulata Platonova, 1971	+	+	+	+
13	Oncholaimus brachycercus de Man, 1889	-	-	-	+
14	Oncholaimium japonicum Belogurov, Belogurova, 1981	-	-	-	+
15	O. paraolium Belogurov, Fadeeva, 1980	-	+	-	-
16	O. ramosum Smolanko et Belogurov, 1993	+	+	+	+
17	Panduripharynx pacifica Belogurov, Dashchenko et Fadeeva, 1985	-	+	-	-
18	Paracanthonus macrodon (Diflevsen, 1919) Micoletzky, 1924	+	+	-	+
19	Theristus (Penzancia) longispiculata Platonova, 1971	-	+	-	-
20	Phanoderma platonovae Belogurov, 1980	-	+	-	-
21	Prochromadorella oculata Kulikov, Belogurova et Lusganova, 1990	-	+	-	-
22	Pseudoncholaimus dujardinii (de Mam, 1986) Belogurov et Belogurova, 1979	-	+	-	-
23	P. furugelmus Belogurov, 1977	+	+	-	-
24	P. mediocaudatus Pavlyuk, 1991	-	+	-	-
25	P. urbanus marinus Blogurov, Belogurova et Zeonova, 1972	+	+	-	+
26	Sabatieria possjetica Platonova, 1971	-	+	-	-
27	Sphaerolaimus gracilis de Man, 1876	-	-	-	+
28	Theristus sp.	-	+	-	-
29	Tycnodora rectispiculata Platonova, 1971	-	+	-	-
31	Foraminifera	+	+	+	+
32	Harpacticoida	+	+	+	+
33	Ostracoda	-	+	+	-
34	Halacarida	-	+	-	+
35	Turbelaria	+	+	+	+

№	Таксон	Уссурий- ский залив		Бух. Золо- той Рог	
		1	2	1	2
36	Nemeretina	-	+	-	-
	Polychaeta				
37	Polychaeta gen. sp. juv.	+	+	+	+
38	Spionidae gen. sp.	-	+	+	+
39	Polydora sp.	-	-	+	+
40	Serpulidae gen. sp.	-	+	-	-
41	Spirorbidae gen. sp.	-	+	-	-
42	Typosulus sp.	-	-	-	+
43	Oligochaeta	+	+	+	+
	Isopoda				
44	Isopoda gen.sp.	-	+	-	-
45	Anthurida sp.	-	+	-	-
46	Gnathia sp.	-	+	-	-
47	Munna sp.	-	-	-	+
	Amphipoda				
48	Amphipoda gen. sp.	+	+	+	+
49	Pontogeneia sp.	-	+	-	-
50	Ischyrocerus sp.	-	-	-	+
51	Odius kelleri Bruggen, 1907	-	+	-	-
52	Corophium acherusium Costa, 1857	-	+	-	+
53	Metopelloides barnardi Gurjanova, 1948	-	+	-	-
54	Guernes quadrispinosa Stephensen, 1944	-	+	-	-
55	Pleustes sp.	-	+	-	-
56	Caprella sp.	+	-	+	+
57	Cirripedia	+	+	+	+
58	Cirripedia larvae	+	+	+	+
59	Pantopoda	-	-	+	+
	Gastropoda				
60	Gastropoda gen. sp.	+	+	+	+
61	Fartulum fuceri Golikov, 1967	-	+	-	-
62	Geffreysina golikovi Gulbin, 1979	+	+	-	-
63	Thapsiella plicosa (Smith, 1875)	-	+	+	-
	Bivalvia				
65	Mytilus trossulus (Gould, 1850)	+	+	+	+
66	Echinodermata	-	+	-	-
67	Ascidacea	-	-	+	-

Примечание. 1 – динамика, 2 – формирование.

Коэффициенты корреляции между динамикой основных групп мейофауны
и макрообрастания на пластинах с нарастающим сроком
экспозиции у 44-го причала (бух. Золотой Рог)

Таксон	Foraminifera	Nematoda	Harpacticoida	Turbellaria	Oligochaeta	<i>Hydroides ezoensis</i>	<i>Polydora limicola</i>	<i>Balanus crenatus</i>	<i>Amphibalanus improvisus</i>	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	<i>Mytilus trossulus</i>
Foraminifera	1,00										
Nematoda	0,77	1,00									
Harpacticoida	0,72	0,65	1,00								
Turbellaria	0,90	0,99	0,89	1,00							
Oligochaeta	0,80	0,74	0,94	0,99	1,00						
<i>Hydroides ezoensis</i>	-0,13	-0,28	-0,27	-0,37	0,96	1,00					
<i>Polydora limicola</i>	-0,28	-0,64	-0,60	-0,50	-0,73	0,59	1,00				
<i>Balanus crenatus</i>	0,96	0,61	0,39	0,82	0,65	-0,62	0,09	1,00			
<i>Amphibalanus improvisus</i>	0,25	0,53	0,40	0,81	-0,19	-0,64	-0,62	0,06	1,00		
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	0,14	0,45	0,72	0,98	0,76	-0,25	-0,76	0,40	-0,30	1,00	
<i>Mytilus trossulus</i>	0,41	0,44	0,28	0,99	0,64	-0,14	-0,52	0,42	-0,06	0,83	1,00

Коэффициенты корреляции между динамикой основных групп мейофауны и макрообрастания на пластинах с нарастающим сроком экспозиции в водозаборном ковше ВГЭЦ-2 (Уссурийский залив)

Таксон	Foraminifera	Nematoda	Haracticoida	Turbellaria	Oligochaeta	Balanus crenatus	Amphibalanus improvisus	Mytilus trossulus	Aplidium tenuicaudum
Foraminifera	1,00								
Nematoda	0,24	1,00							
Haracticoida	0,48	0,19	1,00						
Turbellaria	0,69	0,07	-0,81	1,00					
Oligochaeta gen. sp.	-0,69	0,62	0,44	0,03	1,00				
<i>Balanus crenatus</i>	0,74	0,63	0,22	0,83	0,28	1,00			
<i>Amphibalanus improvisus</i>	0,01	0,80	0,05	0,46	0,71	0,72	1,00		
<i>Mytilus trossulus</i>	0,19	0,27	0,70	0,15	0,75	0,39	0,30	1,00	
<i>Aplidium tenuicaudum</i>	0,49	0,70	0,20	0,80	0,65	0,92	0,84	0,49	1,00

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Введение	8
Глава 1. МАТЕРИАЛ, МЕТОДЫ ЕГО СБОРА, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА.....	23
1.1. Материал	25
1.2. Методы сбора материала	25
1.2.1. Исследование фито- и меропланктона	25
1.2.2. Исследование обрастания с помощью экспериментальных пластин.....	26
1.2.3. Методы отбора проб обрастания гидротехнических сооружений.....	25
1.3. Камеральная обработка материала	26
1.4. Анализ результатов.....	29
Глава 2. ОБРАСТАНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ВТЭЦ-2	32
2.1. Состав и структура сообществ макрообрастания и их распределение на некоторых гидротехнических сооружениях системы охлаждения	32
2.2. Роль гидродинамического искажения потока в распределении массовых видов-образателей в условиях водозаборного тоннеля	61
2.3. Приуроченность мейобентоса к сообществам макрообрастания и ГТС на примере нематод.....	72
2.4. Приуроченность мейобентоса к сообществам макрообрастания и ГТС на примере нематод.....	92
Глава 3. СУКЦЕССИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ АНТРОПОГЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В РАЙОНЕ ВТЭЦ-2	118
3.1. Фитопланктон, микроводоросли перифитона и их сезонная динамика в бухтах Сухопутная и Золотой Рог.....	121
3.1.1. Фитопланктон	121
3.1.2. Перифитон.....	136
3.1.2.1. Сезонная динамика оседания микроводорослей перифитона	137
3.1.2.2. Формирование сообществ перифитона на пластинах с нарастающим сроком экспозиции	149
3.2. Общая характеристика и сезонная динамика веслоногих ракообразных в водозаборном ковше и месте сброса отработанных вод	167
3.3. Сезонная динамика и оседание пелагических личинок	177
3.3.1. Сезонная динамика основных групп меропланктона.....	178
3.3.2. Сезонная динамика оседания основных образателей и динамика их пелагических личинок	178

3.4. Формирование сообществ макрообрастания на пластинах с нарастающим сроком экспозиции	184
3.5. Сезонная динамика сообществ мейофауны	189
3.5.1. Таксономический состав	189
3.5.2. Динамика оседания мейофауны на 15–суточные пластины.....	191
3.5.3. Формирование сообществ мейофауны на пластинах с нарастающим сроком экспозиции	192
Глава 4. БИОПОМЕХИ, ВЫЗВАННЫЕ ОБРАСТАНИЕМ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ВТЭЦ-2	197
4.1. Обоснование практических рекомендаций по предотвращению обрастания системы охлаждения ВТЭЦ-2	206
4.2. Прогноз морского обрастания водозабора океанариума в районе о-ва Русский.....	208
Глава 5. О РОЛИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ВТЭЦ-2 В РАССЕЛЕНИИ ВИДОВ	211
5.1. Чужеродные виды в морских экосистемах акваторий в районе ВТЭЦ-2	215
5.2. Новые для российских вод Японского моря виды диатомовых микроводорослей перифитона в месте сброса отработанных вод ВТЭЦ-2.....	224
5.3. О роли бух. Золотой Рог в натурализации вселенцев	232
Заключение	237
Литература	248
Приложение 1	264
Приложение 2	304

CONTENTS

Preface.....	5
Introduction.....	8
Chapter 1. MATERIALS AND METHODS: SAMPLING, PROCESSING, AND STATISTICAL ANALYSIS.....	23
1.1. Materials.....	25
1.2. Methods of material sampling.....	25
1.1.1. Studying phyto- and meroplankton.....	25
1.1.2. Studying fouling by use of test plates.....	26
1.1.3. Sampling of fouling on hydrotechnical structures (HTSs).....	25
1.3. Processing of materials in laboratory.....	26
1.4. Statistical analysis.....	29
Chapter 2. FOULING IN THE COOLING SYSTEM OF THE VLADIVOSTOK HPP-2.....	32
2.1. Structure of fouling communities.....	32
2.2. Role of the hydrodynamic distortion of flow in the distribution of mass fouling species under the conditions of the water-intake tunnel.....	61
2.3. Distribution of meiobenthic organisms (Nematoda) among macrofouling communities and HTSs.....	72
2.4. Confinement of meiobenthos to the associations of macrofouling and HTS based on example the nematode.....	92
Chapter 3. SEASONAL DYNAMICS AND SUCCESSIONS IN THE ANTHROPOGENIC ECOSYSTEM OF THE VLADIVOSTOK HPP-2.....	118
3.1. Phytoplankton and periphytic microalgae in Sukhoputnaya and Golden Horn bays: characteristics and seasonal dynamics.....	121
3.1.1. Phytoplankton.....	121
3.1.2. Periphyton.....	136
3.1.2.1. Seasonal dynamics in microalgal settlement.....	137
3.1.2.2. Formation of periphytic communities on test plates with different periods of exposure.....	149
3.2. General characteristics and seasonal dynamics of copepods in the intake basin and at the site of water discharge.....	167
3.3. Seasonal dynamics and settlement of pelagic larvae.....	177
3.3.1. Seasonal dynamics of major meroplankton groups.....	178
3.3.2. Seasonal dynamics in the settlement of major fouling organisms and dynamics of their pelagic larvae.....	178

3.4. Formation of macrofouling communities on test plates with different periods of exposure	184
3.5. Seasonal dynamics of meiofaunal communities	189
3.5.1. Taxonomic composition	189
3.5.2. Settlement of meiofaunal larvae on test plates exposed for 15 days.....	191
3.5.3. Formation of meiofaunal communities on test plates with different periods of exposure	192
<i>Chapter 4. DISTURBANCES INDUCED BY BIOFOULING IN THE COOLING SYSTEMS OF POWER PLANTS</i>	197
4.1. To the substantiation of practical recommendations regarding preventing of the HPP-2 cooling system fouling	206
4.2. Forecast of the oceanarium water intake fouling in the region of Russky Island ...	208
<i>Chapter 5. ROLE OF THE COOLING SYSTEM OF THE VLADIVOSTOK HPP-2 IN SPECIES DISPERSAL</i>	211
5.1. Foreign species in the sea ecosystems of water areas in the HPP-2 region	215
5.2. New diatoms of the periphyton for the Russian waters of Sea of Japan in the discharge water place of HPP-2	224
5.3. On the role of Golden Horn Inlet in naturalization of exotic species.....	232
Conclusion	237
References.....	248
Appendix 1.....	264
Appendix 2.....	304

Научное издание

Александр Юрьевич ЗВЯГИНЦЕВ
Александр Владимирович МОЩЕНКО

**МОРСКИЕ ТЕХНОЭКОСИСТЕМЫ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

Редактор *В.С. Жердев*
Художник *Г.П. Писарева*
Технический редактор *В.М. Мошкина*
Оператор набора и верстки *О.Ю. Полянская*

Изд. лиц. ИД № 05497 от 01.08.2001 г. Подписано к печати 30.11.2010 г.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Формат 70×100/16. Печать офсетная.
Усл. п. л. 27,95. Уч.-изд. л. 26,7. Тираж 300 экз. Заказ 123

Отпечатано в типографии ФГУП Издательство «Дальнаука» ДВО РАН
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7